



TUGAS AKHIR - KS 141501

PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP AREA DI JAWA TIMUR

LUH MADE WISNU SATYANINGGRAT
NRP 5211 100 031

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - KS 141501

IMPLEMENTATION OF SIMULATION SYSTEM DYNAMICS TO ANALYZE HOUSEHOLD ELECTRICAL NEEDS IN EAST JAVA

LUH MADE WISNU SATYANINGGRAT
NRP 5211 100 031

SUPERVISOR
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

INFORMATION SYSTEM DEPARTMENT
Information Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM
DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN
LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP
AREA DI JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada**

**Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh:

LUH MADE WISNU SATYANINGGRAT
NRP. 5211 100 031

Surabaya, 23 Januari 2015

JURUSAN SISTEM INFORMASI

Dr. Eng. Febriliyan Samopa, S. Kom., M. Kom

NIP 19730219 199802 1 001

**PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM
DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN
LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP
AREA DI JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

LUH MADE WISNU SATYANINGGRAT

NRP. 5211 100 031

Disetujui Tim Penguji:


Tanggal Ujian
Periode Wisuda

: 14 Januari 2015
: Maret 2015

Erma Suryani S.T., M.T., Ph.D


(Pembimbing 1)

Wiwik Anggraeni S.Si., M.Kom


(Penguji 1)

Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng


(Penguji 2)

PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP AREA DI JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Luh Made Wisnu Satyaningrat
NRP : 5211 100 031
Jurusan : Sistem Informasi FTIF - ITS
Dosen Pembimbing : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

Abstrak

Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki wilayah terluas di Pulau Jawa, yaitu seluas 47.154 km² dan terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota. Provinsi Jawa Timur ini juga memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia, yaitu berjumlah 37.476.757 jiwa pada tahun 2010. Dengan jumlah penduduk sebanyak itu, kebutuhan listrik di sektor rumah tangga selalu terjadi peningkatan tiap tahunnya. Pada tahun 2010, kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga di provinsi Jawa Timur sebanyak 8.555,29 GWh, tahun 2011 sebanyak 9.085,44 GWh, tahun 2012 sebanyak 9.876,67 GWh, dan pada tahun 2013 sebanyak 10.589.17 GWh. Oleh sebab itu, PT PLN Distribusi Jawa Timur harus siap dalam menghadapi lonjakan kebutuhan listrik masyarakat sektor rumah tangga di Jawa Timur. PT. PLN Distribusi Jawa Timur membutuhkan suatu perhitungan yang dapat membantu dalam memperkirakan kebutuhan listrik di tahun mendatang sehingga PT PLN dapat menentukan jumlah pasokan listrik yang harus disediakan.

Prediksi kebutuhan listrik dipengaruhi oleh faktor internal, beberapa faktor eksternal yang bersifat non linear dan adanya unsur ketidak pastian, sehingga memprediksi kebutuhan listrik menjadi suatu masalah yang kompleks. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, metode yang cocok

digunakan yaitu metode Simulasi Sistem Dinamik. Dengan metode Simulasi Sistem Dinamik, kita bisa memahami secara mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Beberapa faktor eksternal dan unsur-unsur ketidak pastian yang ada pada prediksi kebutuhan listrik dapat diamati, dianalisis, dan dirangkai sehingga menampilkan keterkaitan satu sama lain hingga akhirnya dapat memberikan solusi yang komprehensif dan meningkatkan performa sistem.

Hasil yang diharapkan dari penerapan metode Simulasi Sistem Dinamik adalah adanya rancangan model proyeksi kebutuhan listrik yang dapat membantu perusahaan untuk mengetahui kebutuhan listrik mendatang untuk tiap area di Jawa Timur dan dapat membantu menentukan desain kapasitas pembangkit yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Rancangan model analisis kebutuhan listrik ini dapat menggambarkan kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga tiap areadi Jawa Timur dan dapat langsung diimplementasikan pada perusahaan karena model ini sudah sesuai dengan kondisi kebutuhan listrik saat ini.

Kata kunci— *simulasi, sistem dinamik, kebutuhan listrik, rumah tangga, Jawa Timur*

IMPLEMENTATION OF SIMULATION SYSTEM DYNAMICS TO ANALYZE HOUSEHOLD ELECTRICAL NEEDS IN EAST JAVA

Name : Luh Made Wisnu Satyaningrat
NRP : 5211 100 031
Departement : Information Systems FTIF - ITS
Supervisor : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

Abstract

East Java is a province that has the largest area in the Java, which is 47 154 km² and consists of 29 districts and 9 cities. East Java also the second largest number of people in Indonesia, which amounted to 37,476,757 inhabitants in 2010. With a population of it, the demand for electricity in the household sector always increase annually. In 2010, demand for electricity in the household sector in East Java province as much as 8555.29 GWh, in 2011 as much as 9085.44 GWh, as much as 9876.67 GWh in 2012, and in 2013 as much as 10,589.17 GWh. Therefore, PT PLN East Java must be prepared to deal with a surge in electricity needs of the household sector in East Java. PT. PLN East Java needs a calculation that can assist in estimating demand for electricity in the coming year so that PLN can determine the amount of power generation capacity must be provided.

Prediction electricity needs are influenced by internal factors, external factors that are non-linear and the element of uncertainty, thus predicting the demand for electricity becomes a complex problem. So, the most suitable method to solve this problem is Simulation System Dynamics. By this method, we can understand how the system working in real life deeply. Several external factors and elements of uncertainty that exist in the prediction of the demand for electricity can be observed, analyzed,

and arranged so as to show relation to one another until it can provide comprehensive solutions and improve system performance.

So, the results of application Simulation System Dynamics is the design of the electrical demand that can help companies to determine future electricity needs for each area in East Java and can help determine the design of generation capacity required to meet the electricity needs. The design can be directly implemented in the company because this model is in accordance with the current electricity needs.

Keywords— *simulaton, system dynamics, electrical needs, household, East Java*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir serta dapat menyelesaikan tugas laporan Tugas Akhir yang berjudul:

PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP AREA DI JAWA TIMUR

yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selesainya Tugas Akhir ini berkat bantuan berbagai pihak yang telah membantu, baik berupa dorongan semangat maupun materil. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena tanpa izin dari-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis yang telah merawat, membimbing, memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan S1 ini dengan baik.
3. Kakak, adik, dan keluarga besar penulis yang memberikan dukungan baik secara moril maupun materil demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Ibu Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing yang memberikan ilmu, petunjuk, dan motivasi untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
5. Ibu Wiwik Anggraeni S.Si., M.Kom., Ibu Amalia Utamima, S.Kom., MBA, dan Bapak Rully Agus

Hendrawan, S.Kom., M.Eng selaku dosen penguji penulis yang telah memberi banyak masukan.

6. Bapak Nisfu Asrul Sani, S.Kom., M.Sc selaku dosen wali penulis yang telah membimbing dan memberi masukan dari awal kuliah hingga saat ini.
7. Pihak PT. PLN Distribusi Jawa Timur yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menggunakan data dan mencari informasi mengenai keperluan tugas akhir ini.
8. Seluruh dosen pengajar beserta staf dan karyawan di Jurusan Sistem Informasi, FTIF ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Sistem Informasi yang telah membantu penulis selama kuliah di Sistem Informasi.
10. Teman-teman seperjuangan lab DSS yang saling memberi motivasi agar segera menyelesaikan Tugas Akhir.
11. *Chebe-chebe* yang selalu memberi dukungan, semangat dan motivasi agar penulis segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta doanya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat serta membalas kebaikan-kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Surabaya, Januari 2015

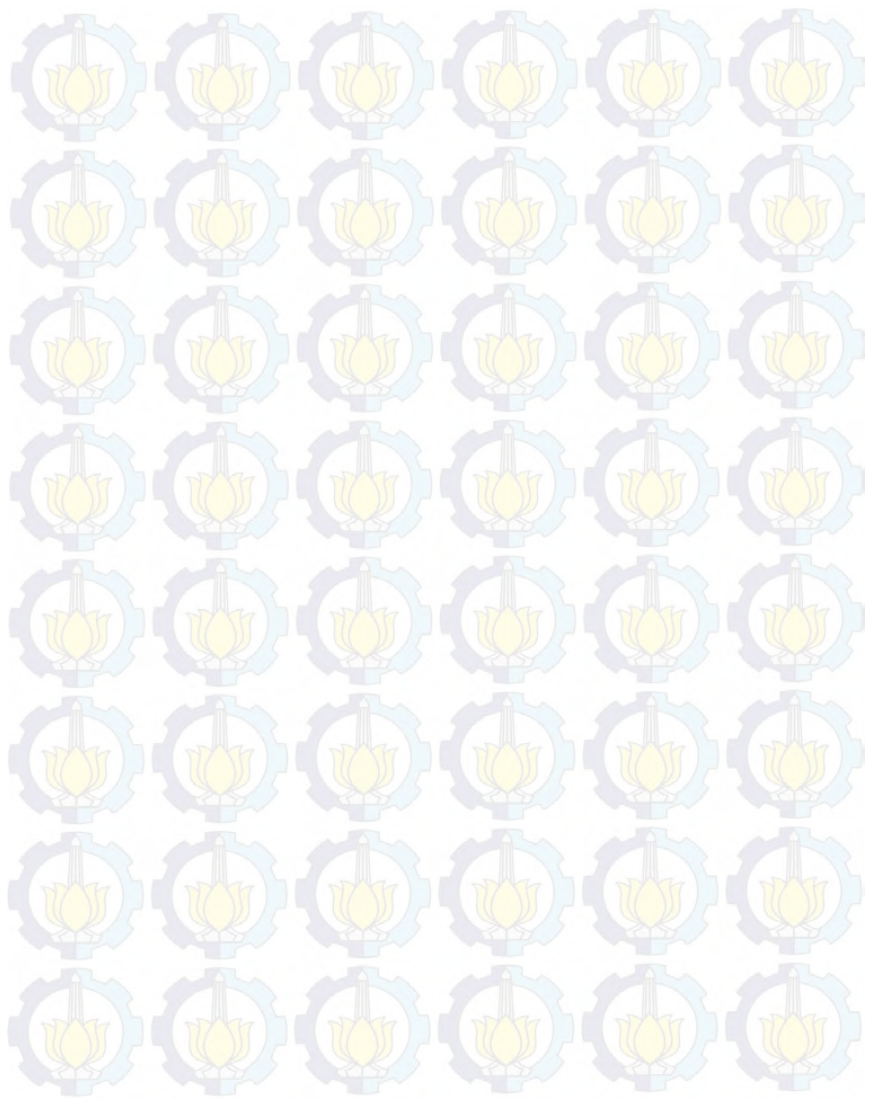
Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Pengerjaan Tugas Akhir	4
1.2 Tujuan Tugas Akhir	4
1.3 Manfaat Tugas Akhir	5
1.4 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Demand</i> Energi Listrik di Indonesia	7
2.2 <i>Demand</i> Energi Listrik di Jawa Timur.....	8
2.3 Pembangkit Listrik di Jawa Timur.....	9
2.4 Simulasi dan Pemodelan	15
2.4.1 Simulasi.....	15
2.4.2 Pemodelan	17
2.4.3 Model Simulasi	19
2.5 Sistem Dinamik.....	21
2.6 Causal Loop Diagram	24
BAB III METODOLOGI TUGAS AKHIR	27
3.1 Studi Literatur	28
3.2 Pengumpulan Data	28
3.3 Menganalisis Data.....	28
3.4 Pendefinisian Sistem.....	28
3.5 Pembuatan Diagram Kausatik.....	28
3.6 Pembuatan Model Sistem Dinamik	29
3.7 Verifikasi dan Validasi	29
3.8 Pembuatan Skenario Model Sistem Dinamik	30
3.9 Analisis dan Evaluasi Skenario.....	31

3.10	Penarikan Kesimpulan	31
3.11	Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir	31
BAB IV PEMODELAN DAN IMPLEMENTASI		33
4.1	Pengumpulan Data	33
4.2	Menganalisis Data	34
4.3	Pendefinisian sistem	45
4.4	Diagram Kausatik	47
4.5	Model Sistem Dinamik	52
4.5.1	Diagram <i>Flow</i>	52
4.5.2	Formula pada diagram <i>Flow</i>	60
4.6	Verifikasi dan Validasi	160
BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL		199
5.1	Pengembangan Model Sistem Dinamik	199
5.1.1	Skenario Parameter	200
5.1.2	Skenario Struktur	233
5.2	Analisis Hasil Simulasi Skenario	259
5.2.1	Kebutuhan Listrik Rumah Tangga di Jawa Timur	262
5.2.2	Pelanggan Rumah Tangga di Jawa Timur	265
5.2.3	Rasio Elektrifikasi di Jawa Timur	268
5.2.4	Rasio Sisa Kapasitas Pembangkit untuk memenuhi Kebutuhan Listrik pada Tahun 2001 – 2027	270
5.2.5	Rasio Pengoptimalan Pembangkit pada Tahun 2001 – 2027	271
5.2.6	Rasio Pemenuhan Kebutuhan Listrik di Jawa Timur pada Tahun 2001-2027	272
BAB VI PENUTUP		275
6.1	Kesimpulan	275
6.2	Saran	277
DAFTAR PUSTAKA		279
RIWAYAT PENULIS		283
LAMPIRAN A DATA INPUTAN		285
LAMPIRAN B DATA VALIDASI		285
LAMPIRAN C DATA HASIL SKENARIOSASI		285

(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1—1 Kebutuhan listrik per kelompok pelanggan (GWh) di Indonesia	7
Tabel 2.2—1 Kebutuhan listrik per kelompok pelanggan (GWh) di Jawa Timur	9
Tabel 2.3—1 Kapasitas Pembangkit Terpasang.....	11
Tabel 2.5—1 Variabel Sistem Dinamik	24
Tabel 4.2—1 <i>Rate</i> Rumah Tangga seluruh area di Jawa Timur..	38
Tabel 4.2—2 <i>Rate</i> Jumlah pelanggan seluruh golongan tarif Rumah Tangga seluruh area di Jawa Timur	39
Tabel 4.2—3 Perkembangan rasio elektrifikasi (%)	43
Tabel 4.2—4 <i>Rate</i> kebutuhan listrik non Rumah Tangga	45
Tabel 4.5—1 Persamaan Sub-Model Kebutuhan Listrik Sektor Rumah Tangga Surabaya.....	67
Tabel 4.5—2 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik rumah tangga malang pasuruan	75
Tabel 4.5—3 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik rumah tangga Mojokerto	83
Tabel 4.5—4 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik sektor rumah tangga Kediri.....	91
Tabel 4.5—5 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Jember	99
Tabel 4.5—6 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Bojonegoro	107
Tabel 4.5—7 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Pamekasan.....	115
Tabel 4.5—8 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Sidoarjo Gresik.....	123
Tabel 4.5—9 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Situbondo Banyuwangi	131
Tabel 4.5—10 Persamaan kebutuhan listrik rumah tangga Ponorogo Madiun	141

Tabel 4.5—11 Persamaan sub-model kebutuhan listrik Jawa Timur	149
Tabel 4.5—12 Persamaan sub-model desain kapasitas	155
Tabel 4.5—13 Persamaan sub-model produksi listrik.....	158
Tabel 4.6—1 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Surabaya.....	169
Tabel 4.6—2 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan.....	171
Tabel 4.6—3 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Mojokerto.....	174
Tabel 4.6—4 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kediri.....	176
Tabel 4.6—5 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Jember.....	178
Tabel 4.6—6 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Bojonegoro.....	180
Tabel 4.6—7 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Pamekasan.....	182
Tabel 4.6—8 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo	184
Tabel 4.6—9 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi	186
Tabel 4.6—10 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun.....	188
Tabel 4.6—11 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTA.....	190
Tabel 4.6—12 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTG.....	192
Tabel 4.6—13 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTGU	194
Tabel 4.6—14 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTU.....	196
Tabel 5.1—1 Formula pada skenario pesimistis area Surabaya 201	
Tabel 5.1—2 Formula pada skenario pesimistis area Malang...	203

Tabel 5.1—3 Formula pada skenario pesimistis area Mojokerto	205
Tabel 5.1—4 Formula pada skenario pesimistis area Kediri.....	206
Tabel 5.1—5 Formula pada skenario pesimistis area Jember ...	208
Tabel 5.1—6 Formula pada skenario pesimistis area Bojonegoro	209
Tabel 5.1—7 Formula pada skenario pesimistis area Pamekasan	211
Tabel 5.1—8 Formula pada skenario pesimistis area Gresik Sidoarjo	212
Tabel 5.1—9 Formula pada skenario pesimistis area Situbondo Banyuwangi.....	213
Tabel 5.1—10 Formula pada skenario pesimistis area Ponorogo Madiun	215
Tabel 5.1—11 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis	217
Tabel 5.1—12 Formula pada skenario optimistis area Pamekasan	220
Tabel 5.1—13 Formula pada skenario optimistis area Situbondo Banyuwangi.....	221
Tabel 5.1—14 Formula pada skenario optimistis area Bojonegoro	223
Tabel 5.1—15 Formula pada skenario optimistis area Bojonegoro	224
Tabel 5.1—16 Formula pada skenario optimistis area Malang Pasuruan	226
Tabel 5.1—17 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario optimistis	228
Tabel 5.1—18 Formula pada skenario <i>Most-likely</i>	230
Tabel 5.1—19 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario <i>Most Likely</i>	232
Tabel 5.1—20 Formula pada skenario struktur desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur.....	238
Tabel 5.1—21 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Timur	243

Tabel 5.1—22 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Kediri	245
Tabel 5.1—23 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Krian	248
Tabel 5.1—24 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur	253
Tabel 5.1—25 Formula pada skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik di Jawa Timur	256
Tabel 5.1—26 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur	258
Tabel 5.2—1 Perbandingan hasil skenario	260

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3-1 Alur distribusi listrik	10
Gambar 2.3-2 Peta jaringan TT dan TET di Jawa Timur	14
Gambar 2.4-1 Contoh model persediaan Frozen Yogurt dalam bentuk stock and flow diagram.....	18
Gambar 2.5-1 Dasar Metodologi Sistem Dinamik	22
Gambar 2.5-2 Metodologi sistem dinamik	23
Gambar 2.6-1 Contoh Causal Loop Diagram	26
Gambar 3-2.6-1 Metodologi Penelitian	27
Gambar 4.2-1 Pembagian Area Kebutuhan Listrik di Jawa Timur	38
Gambar 4.3-1 Pendefinisian sistem	46
Gambar 4.4-1 Diagram Kausatik Analisis Kebutuhan Listrik dan kapasitas pembangkit di Jawa Timur.....	47
Gambar 4.4-2 Variabel yang mempengaruhi total produksi listrik	48
Gambar 4.4-3 Variabel yang dipengaruhi oleh total produksi listrik	48
Gambar 4.4-4 Variabel yang mempengaruhi kebutuhan listrik...49	
Gambar 4.4-5 Variabel yang dipengaruhi oleh kebutuhan listrik50	
Gambar 4.4-6 Variabel yang mempengaruhi pengoptimalan kapasitas pembangkit.....	51
Gambar 4.4-7 Variabel yang dipengaruhi oleh pengoptimalan kapasitas pembangkit.....	52
Gambar 4.5-1 Diagram Flow Kebutuhan listrik Jawa Timur dan Desain Kapasitas	53
Gambar 4.5-2 Diagram Flow Area	54
Gambar 4.5-3 Diagram flow Pengoptimalan Kapasitas Pembangkit.....	55
Gambar 4.5-4 Diagram <i>flow supply</i> listrik pembangkit ke area ..	56
Gambar 4.5-5 Sub-Model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Surabaya	66

Gambar 4.5-6 diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga malang pasuruan	74
Gambar 4.5-7 Diagram flow kebutuhan listrik sektor rumah tangga Mojokerto	82
Gambar 4.5-8 Submodel kebutuhan listrik sektor rumah tangga Kediri.....	90
Gambar 4.5-9 diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Jember.....	98
Gambar 4.5-10 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Bojonegoro	106
Gambar 4.5-11 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Pamekasan	114
Gambar 4.5-12 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Sidoarjo Gresik	122
Gambar 4.5-13 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Situbondo Banyuwangi.....	131
Gambar 4.5-14 Diagram flow kebutuhan listrik rumah tangga Ponorogo Madiun.....	140
Gambar 4.5-15 Diagram flow kebutuhan listrik Jawa Timur....	149
Gambar 4.5-16 Diagram flow sub-model desain kapasitas	154
Gambar 4.5-17 Diagram flow sub-model produksi listrik	158
Gambar 4.6-1 Grafik simulasi kebutuhan listrik RT Surabaya .	161
Gambar 4.6-2 Grafik simulasi kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan	161
Gambar 4.6-3 Grafik kebutuhan listrik RT Mojokerto	162
Gambar 4.6-4 Grafik kebutuhan listrik RT Kediri	162
Gambar 4.6-5 Grafik kebutuhan listrik RT Jember	163
Gambar 4.6-6 Grafik kebutuhan listrik Bojonegoro.....	164
Gambar 4.6-7 Grafik kebutuhan listrik RT PKS	164
Gambar 4.6-8 Grafik kebutuhan listrik RT GRS SDA.....	165
Gambar 4.6-9 Grafik kebutuhan listrik RT STB BWI	166
Gambar 4.6-10 Grafik kebutuhan listrik RT PRG MDN	166
Gambar 4.6-11 Grafik rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit	167

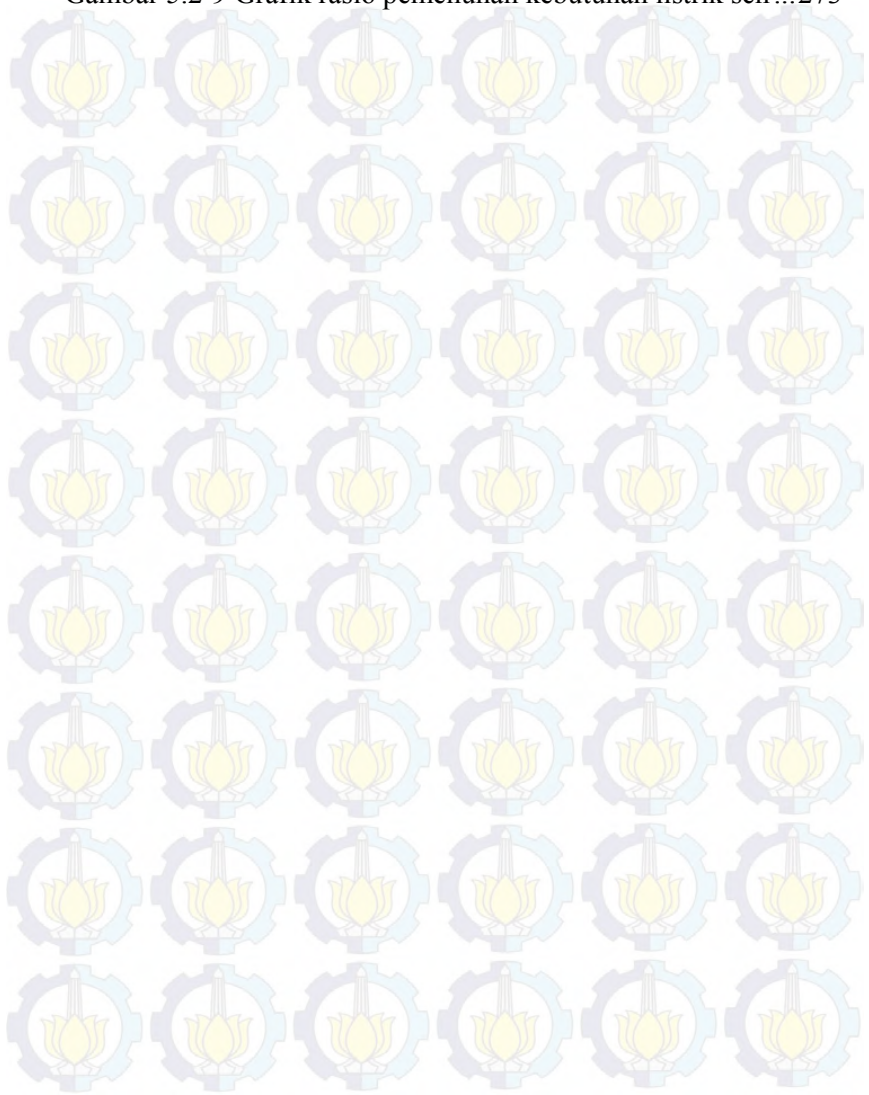
Gambar 4.6-12 Grafik rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik.....	168
Gambar 4.6-13 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Surabaya	169
Gambar 4.6-14 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan	171
Gambar 4.6-15 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Mojokerto	173
Gambar 4.6-16 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kediri	175
Gambar 4.6-17 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Jember	177
Gambar 4.6-18 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Bojonegoro	179
Gambar 4.6-19 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Pamekasan	181
Gambar 4.6-20 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo	183
Gambar 4.6-21 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi	185
Gambar 4.6-22 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun	187
Gambar 4.6-23 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTA	189
Gambar 4.6-24 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTG	191
Gambar 4.6-25 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTGU	193
Gambar 4.6-26 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTU	195
Gambar 5.1-1 Diagram Skenario	199
Gambar 5.1-2 Skenario parameter pesimistis area Surabaya	201
Gambar 5.1-3 Skenario parameter pesimistis area Malang Pasuruan	203
Gambar 5.1-4 Skenario parameter pesimistis area Mojokerto ..	204

Gambar 5.1-5 Skenario parameter pesimistis area Kediri	206
Gambar 5.1-6 Skenario parameter pesimistis area Jember	207
Gambar 5.1-7 Skenario parameter pesimistis area Bojonegoro	209
Gambar 5.1-8 Skenario parameter pesimistis area Pamekasan	210
Gambar 5.1-9 Skenario parameter pesimistis area Gresik Sidoarjo	211
Gambar 5.1-10 Skenario parameter pesimistis area Situbondo Banyuwangi	213
Gambar 5.1-11 Skenario parameter pesimistis area Situbondo Banyuwangi	214
Gambar 5.1-12 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis	216
Gambar 5.1-13 Grafik rasio elektrifikasi tahun 2020	218
Gambar 5.1-14 Skenario parameter optimistis area Pamekasan	219
Gambar 5.1-15 Skenario parameter optimistis area Situbondo Banyuwangi	221
Gambar 5.1-16 Skenario parameter optimistis area Bojonegoro	222
Gambar 5.1-17 Skenario parameter optimistis area Jember	224
Gambar 5.1-18 Skenario parameter optimistis area Malang Pasuruan	225
Gambar 5.1-19 Grafik Rasio Elektrifikasi Skenario Optimistis tahun 2020	227
Gambar 5.1-20 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario Optimistis	228
Gambar 5.1-21 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario <i>Most Likely</i>	231
Gambar 5.1-22 Skenario struktur penambahan desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur	237
Gambar 5.1-23 Rasio sisa produksi	242
Gambar 5.1-24 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Timur	244

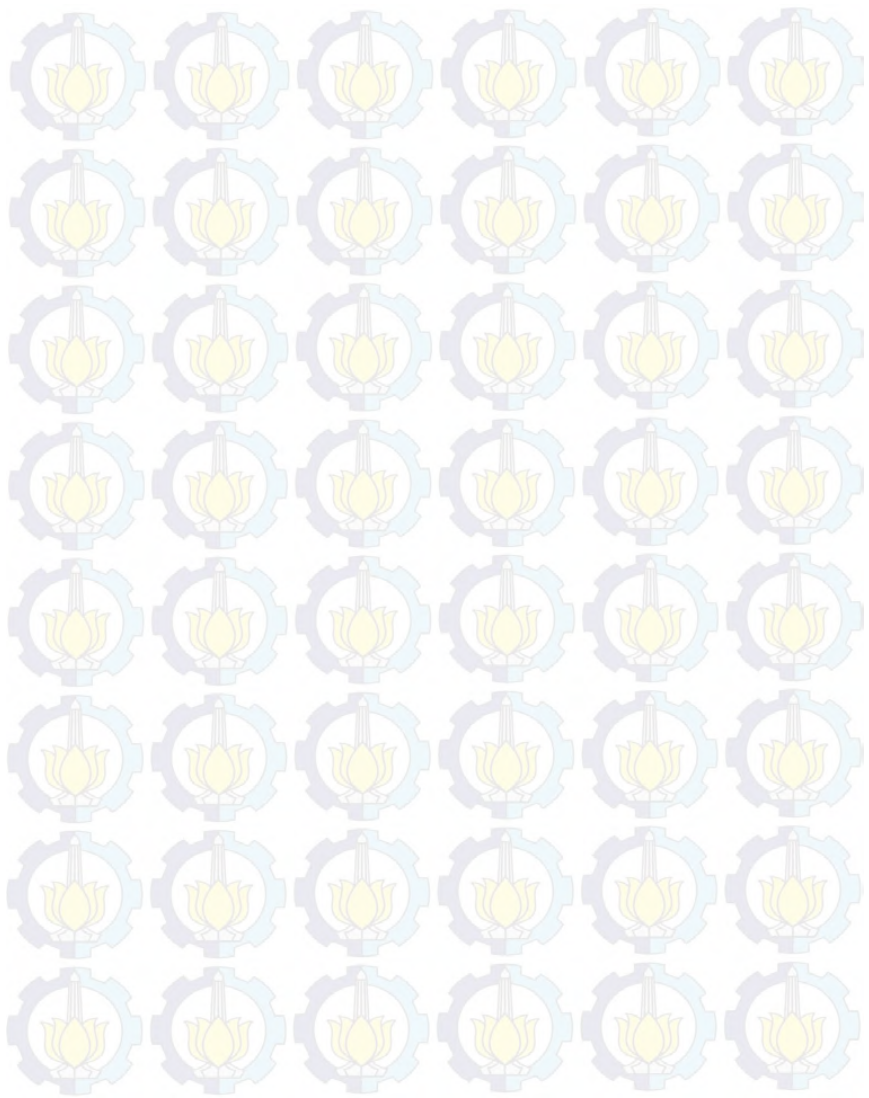
Gambar 5.1-25 Rasio sisa produksi ²	245
Gambar 5.1-26 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Kediri.....	247
Gambar 5.1-27 Rasio sisa produksi ³	247
Gambar 5.1-28 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Krian.....	249
Gambar 5.1-29 Skenario struktur usulan penambahan desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur.....	251
Gambar 5.1-30 produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem timur.....	252
Gambar 5.1-31 produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem Krian.....	252
Gambar 5.1-32 Grafik perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur....	253
Gambar 5.1-33 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur.....	255
Gambar 5.1-34 Skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik di Jawa Timur.....	256
Gambar 5.1-35 Grafik perbandingan kebutuhan listrik, desain kapasitas dan produksi listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur 2.....	258
Gambar 5.2-1 Perbandingan hasil skenario parameter.....	262
Gambar 5.2-2 Kebutuhan listrik tiap area di Jawa Timur tahun 2001 - 2027.....	263
Gambar 5.2-3 Rasio kebutuhan listrik rumah tangga setiap area di Jawa Timur tahun 2027.....	264
Gambar 5.2-4 Jumlah pelanggan rumah tangga tiap area di Jawa Timur tahun 2001 – 2027.....	266
Gambar 5.2-5 Rasio pelanggan rumah tangga seluruh area di Jawa Timur Tahun 2027.....	267
Gambar 5.2-6 Rasio elektrifikasi area di Jawa Timur pada Tahun 2012, 2020, dan 2027.....	269
Gambar 5.2-7 Rasio sisa kapasitas pembangkit tahun 2001 hingga tahun 2027.....	270

Gambar 5.2-8 Grafik rasio pengoptimalan pembangkit listrik..271

Gambar 5.2-9 Grafik rasio pemenuhan kebutuhan listrik scn ...273



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pendahuluan tugas akhir yang berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan pengerjaan, tujuan, dan manfaat tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Kehidupan masyarakat di Indonesia, semakin *modern* dari tahun ke tahun. Peralatan yang semula menggunakan cara tradisional, kini dapat dioperasikan dengan tenaga listrik untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan mengefisienkan waktu. Misalkan saja, dahulu orang mencuci pakaian dengan menggunakan tangan, kini orang mencuci dengan menggunakan mesin cuci, yang notabene menggunakan tenaga listrik dalam pengoprasiannya. Selain itu, masih banyak kegiatan lain yang saat ini susah dipisahkan dengan listrik. Jika dibandingkan pada beberapa tahun yang lalu, tentu kehidupan manusia pada modernisasi saat ini pasti sangat jauh berbeda sebab seluruh aspek kehidupan manusia yang terkait dengan keperluan sehari-hari, dunia usaha, industri, pemerintahan, pendidikan, dan lainnya sangat membutuhkan energi listrik untuk melangsungkan proses bisnis pada masing-masing bidang tersebut. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu hal terpenting dan paling dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia pada era globalisasi dan modernisasi saat ini.

Kebutuhan listrik masyarakat Indonesia selalu meningkat setiap tahunnya. Jumlah kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 173.990,75 GWh, meningkat 10,13% dibandingkan tahun sebelumnya. Dari total kebutuhan listrik tersebut Pulau Jawa memiliki jumlah kebutuhan listrik yang paling banyak yaitu 128.513,21 GWh. (PT PLN (Persero), 2012) Pulau Jawa secara administratif terbagi menjadi empat provinsi, yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Banten; serta dua wilayah khusus, yaitu DKI Jakarta dan DI Yogyakarta. Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki wilayah terluas di Pulau Jawa,

yaitu seluas 47.154 km² dan terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota. Provinsi Jawa Timur ini juga memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia, yaitu berjumlah 37.476.757 jiwa (Statistik, 2010).

Seiring padatnya jumlah penduduk Jawa Timur, perkembangan pembangunan dan perumahan di Jawa Timur terus terjadi. Selama lima tahun terakhir, mulai 2003-2007, alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian berupa perumahan atau bangunan rata-rata seluas 879,9 hektare. (DPRD Provinsi Jawa Timur, 2011) Hal tersebut tentunya berpengaruh pada meningkatnya kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga. Pada tahun 2010, kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga di provinsi Jawa Timur sebanyak 8.555,29 GWh, tahun 2011 sebanyak 9.085,44 GWh, tahun 2012 sebanyak 9.876,67 GWh, dan pada tahun 2013 sebanyak 10.589,17 GWh. (PT. PLN (Persero), 2013). Pada tahun 2012, sektor Rumah Tangga merupakan pemakai listrik terbesar di Jawa Timur yaitu mencapai 9.876,67 GWh atau sekitar 36,70% dari total pelanggan PT PLN. (Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2013) Selain meningkatnya jumlah kebutuhan listrik, peningkatan jumlah pelanggan juga sangat mungkin terjadi karena masih ada penduduk di Jawa Timur yang belum menggunakan listrik PLN, yaitu sebesar 0,44%. Mereka masih menggunakan petromak/aladin, pelita/sentir/obor atau lainnya sebagai sumber listrik. Hal tersebut dikarenakan faktor geografis Jawa Timur yang mempunyai banyak pulau kecil dan berpegunungan dengan sarana infrastruktur yang tidak mendukung, menyebabkan masih ada rumah tangga yang bertempat tinggal di wilayah itu memakai alat penerangan non PLN, baik yang berasal dari diesel (genset), petromak, lampu pelita atau lainnya.

Berdasarkan kenyataan yang terjadi, maka semakin kuat perkiraan kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga untuk tahun-tahun mendatang akan terus meningkat. Oleh karena itu, PT PLN Distribusi Jawa Timur harus siap dalam menghadapi lonjakan kebutuhan listrik masyarakat Jawa Timur. Tentunya hal tersebut akan berpengaruh terhadap jumlah pasokan ketersediaan listrik oleh PT. PLN Distribusi Jawa Timur. PT. PLN Distribusi Jawa Timur

membutuhkan suatu prediksi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di tahun mendatang. Analisis prediksi kebutuhan listrik tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal yang bersifat non linear dan ada unsur ketidak pastian, sehingga metode yang cocok digunakan yaitu metode Simulasi Sistem Dinamik. Ford telah membuat pengamatan yang menarik tentang mengapa dinamika sistem cocok untuk pemodelan lingkungan dan bisnis, khususnya dalam industri tenaga listrik. Dia mengatakan bahwa keuntungan dari sistem dinamik yang telah dibandingkan dengan yang lain adalah kemampuan untuk melihat *loop* umpan balik antar variabel dalam sistem (Sorasalmi, Dynamic Modeling of Household Electricity, 2012). Sistem Dinamik ini bertujuan untuk mendukung pengambil keputusan untuk bertindak dalam situasi/lingkungan yang kompleks, dan juga sistem dinamik ini menawarkan solusi alternatif untuk menyelesaikan dan lebih memahami secara mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Beberapa faktor eksternal dan unsur-unsur ketidakpastian yang ada pada prediksi kebutuhan listrik dapat diamati, dianalisis, dan dirangkai sehingga menampilkan keterkaitan satu sama lain hingga akhirnya dapat memberikan solusi yang komprehensif dan meningkatkan performa sistem dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Jawa Timur. Selain itu, metode Simulasi Sistem Dinamik ini juga sudah pernah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sejenis seperti permasalahan konsumsi listrik rumah tangga di Finlandia (Sorasalmi, 2012), permasalahan daya listrik industri di California (Ford, 1997), dan permasalahan permintaan dan ketersediaan listrik sektor industri di Jawa Timur (Axela & Suryani, 2012)

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Apa saja variabel yang dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur?
2. Bagaimana proyeksi pertumbuhan kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur?

3. Bagaimana merancang skenariosasi model sistem dinamik dari kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga sehingga dapat memberikan proyeksi yang memiliki nilai *error* rendah?
4. Bagaimana menentukan perencanaan kapasitas pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur pada masa mendatang?

1.3. Batasan Pengerjaan Tugas Akhir

Batasan pemasalahan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Data pendukung dalam tugas akhir ini adalah data laporan statistik PT. PLN (Persero) tahun 2001- 2012 dan data laporan perusahaan PT. Pembangkitan Jawa-Bali tahun 2001- 2012
2. Wilayah yang menjadi obyek pada tugas akhir ini adalah seluruh wilayah di Jawa Timur
3. Analisis kebutuhan listrik dilakukan pada tahun 2013 - 2027

1.2 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui dan mengidentifikasi variabel-variabel yang dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur
2. Merancang model sistem dinamik proyeksi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur untuk masa mendatang
3. Merancang skenariosasi model sistem dinamik dari kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur sehingga dapat memberikan proyeksi pada masa mendatang
4. Menentukan perencanaan kapasitas pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik di masa mendatang

1.3 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis perhitungan yang kurang tepat dari proyeksi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur
2. Merencanakan pengembangan model sistem dinamik untuk memenuhi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur
3. Memberikan alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur untuk masa mendatang dengan menggunakan rancangan skenariosasi model yang telah dibuat

1.4 Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini disusun berdasarkan urutan pelaksanaan penelitian yang mana antara bab satu dengan yang lainnya saling berhubungan. Buku tugas akhir ini disusun menjadi 6 bab dengan susunan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan hal-hal dasar mengenai tugas akhir ini. Hal-hal yang dijelaskan di sini antara lain: latar belakang pengerjaan tugas akhir, rumusan permasalahan pengerjaan tugas akhir, batasan permasalahan pengerjaan tugas akhir, tujuan pengerjaan tugas akhir, manfaat dari pengerjaan tugas akhir, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep mengenai *Demand* energi listrik di Indonesia, *Demand* energi listrik di Jawa Timur, pembangkit listrik di Jawa Timur, *Causal Loop Diagram*, Sistem Dinamik, dan Simulasi dan Pemodelan yang digunakan dalam analisis kebutuhan listrik pada tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi pengerjaan tugas akhir. Metodologi tersebut terdiri dari beberapa tahapan yang akan digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini sehingga pengerjaan menjadi lebih terstruktur dan sistematis.

BAB IV PEMODELAN DAN IMPLEMENTASI MODEL

Bab ini menjelaskan mengenai pengumpulan data, analisis data, pendefinisian sistem, diagram kausatik, diagram flow, dan hasil verifikasi dan validasi. Pembuatan diagram kausatik dan diagram flow dibuat dengan menggunakan aplikasi Vensim.

BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Bab ini menjelaskan mengenai pengembangan model, uji coba model yang telah dibuat dengan menggunakan Vensim, dan analisis hasil simulasi skenario.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai simpulan dari pengerjaan tugas akhir serta saran untuk pengembangan lanjutan. Simpulan berupa rangkuman hasil pengerjaan yang telah dilakukan dan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Sedangkan saran merupakan usulan peneliti terhadap hasil tugas akhir yang dihasilkan untuk pengembangan lanjutan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka dari tugas akhir. Bab ini berisi dasar teori yang mendukung tugas akhir sehingga ada dasar teori yang cukup kuat sebagai pendukung pelaksanaan tugas akhir.

2.1 *Demand Energi Listrik di Indonesia*

Kebutuhan energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Selama 8 tahun, kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut ditampilkan pada tabel 1. (PT PLN (Persero), 2013)

Tabel 2.1—1 Kebutuhan listrik per kelompok pelanggan (GWh) di Indonesia

Tahun	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Sosial	Gd. Kantor Pemerintah	Penerangan Jalan Umum	Jumlah
2005	41,18 4.29	42,44 8.36	17,02 2.84	2,42 9.84	1,725. 66	2,221.2 4	107,0 32.23
2006	43,75 3.17	43,61 5.45	18,41 5.52	2,60 3.63	1,807. 93	2,414.1 3	112,6 09.83
2007	47,32 4.91	45,80 2.51	20,60 8.47	2,90 8.70	2,016. 36	2,585.8 6	121,2 46.81

Tahun	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Sosial	Gd. Kantor Pemerintah	Penerangan Jalan Umum	Jumlah
2008	50,18 4.17	47,96 8.85	22,92 6.29	3,08 2.42	2,095. 80	2,761.2 8	129,0 18.81
2009	54,94 5.41	46,20 4.21	24,82 5.24	3,38 4.36	2,334. 66	2,888.1 1	134,5 81.98
2010	59,82 4.94	50,98 5.20	27,15 7.22	3,70 0.09	2,629. 93	3,000.0 9	147,2 97.47
2011	65,11 1.57	54,72 5.82	28,30 7.21	3,99 3.82	2,786. 72	3,067.5 2	157,9 92.66
2012	72,13 2.54	60,17 5.96	30,98 8.64	4,49 5.57	3,057. 21	3,140.8 2	173,9 90.74
2013	77,21 0.71	64,38 1.40	34,49 8.38	4,93 9.04	3,260. 71	3,250.7 8	187,5 41.02

2.2 Demand Energi Listrik di Jawa Timur

Setiap wilayah di Indonesia memiliki kebutuhan listrik yang berbeda-beda. Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki wilayah terluas di Pulau Jawa, yaitu seluas 47.154 km² dan terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota, memiliki kebutuhan listrik yang setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan. Berikut ini adalah peningkatan kebutuhan listrik di Jawa Timur, yang ditunjukkan pada tabel 2. (PT PLN (Persero), 2009 - 2013)

Tabel 2.2—1 Kebutuhan listrik per kelompok pelanggan (GWh) di Jawa Timur

Tahun	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Sosial	Gd. Kantor Pemerintah	Penerangan Jalan Umum	Jumlah
2009	8.097,40	8.970,26	2.734,17	533,66	214,65	508,06	21.058,18
2010	8.414,03	9.838,65	2.876,58	581,55	236,87	521,86	22.469,54
2011	9.085,38	10.609,40	2.929,84	622,20	246,92	524,95	24.018,69
2012	9.876,67	12.295,75	3.239,86	695,89	273,84	528,17	26,910.19
2013	10.589,17	12.737,55	3.796,04	758,03	288,85	538,47	28.708,11

2.3 Pembangkit Listrik di Jawa Timur

Pembangkit listrik adalah suatu alat yang dapat membangkitkan dan memproduksi tegangan listrik dengan cara mengubah suatu energi menjadi energi listrik. Pada Pembangkit Tenaga Listrik terdapat peralatan elektrik, mekanik, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik.



Gambar 2.3-1 Alur distribusi listrik

Pada gambar diatas diilustrasikan bahwa listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkitan disalurkan ke gardu induk melalui jaringan transmisi, kemudian langsung di distribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi. Pusat pembangkitan tenaga listrik ada beberapa jenis yaitu:

- **Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)**
PLTMH ini adalah pembangkitan listrik yang memanfaatkan tenaga air, tetapi dalam skala kecil, biasanya PLTMH ini dibangun untuk daerah-daerah terpencil yang susah terjangkau oleh PLN.
- **Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)**
PLTA merupakan pusat pembangkitan listrik yang menggunakan energi potensial yang dihasilkan oleh air, sehingga dapat memutarakan turbin air dan menngerakkan generator. Pola PLTA ini dapat menggunakan sistem bendungan atau aliran sungai (*run of river*).
- **Pembangkit Litrik Tenaga Uap (PLTU)**
PLTU adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar serta MFO untuk *start up* awal.
- **Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)**
PLTG adalah pembangkitan listrik yang mengkonversi energi kinetik dari gas untuk menghasilkan putaran pada turbin gas

sehingga menggerakkan generator dan kemudian menghasilkan energi listrik.

- **Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)**

PLTGU adalah gabungan dari PLTG dan PLTU yang dikombinasikan, PLTGU sangat efektif dikarenakan pemanfaatan energi yang sangat efisien, dengan menggunakan satu macam bahan bakar dapat menggerakkan dua turbin, yaitu turbin gas dan turbin uap.

- **Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)**

PLTP merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari panas bumi, sehingga dapat memanaskan ketel uap, dan uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin.

- **Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)**

PLTD adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga mesin diesel sebagai penggerak untuk memutar turbin.

- **Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)**

PLTN adalah pembangkit listrik yang mengkonversi energi panas (thermal) menjadi energi mekanik dimana panas yang dihasilkan diperoleh dari satu atau lebih reaktor nuklir pembangkit listrik. (Ansori, 2013)

Dalam memenuhi kebutuhan listrik selama ini, Provinsi Jawa Timur memiliki 25 pembangkit yang tersebar di wilayah Jawa Timur. Rincian pembangkit yang terpasang di Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 3. (PT PLN (Persero), 2013)

Tabel 2.3—1 Kapasitas Pembangkit Terpasang

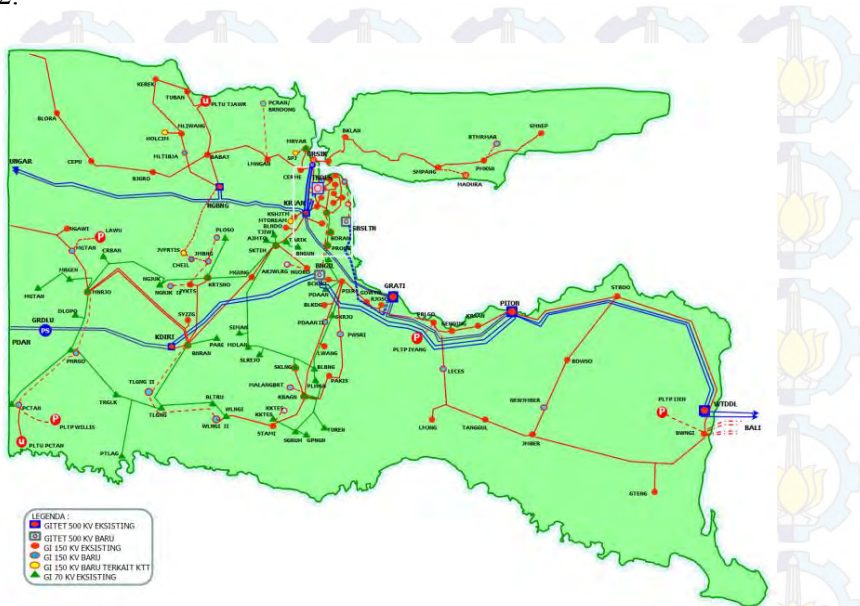
No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya mam pu MW
1	Karang kates	PLTA	Air	PJB	105,0	103,0

No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya mampu MW
2	Wlingi	PLTA	Air	PJB	54,0	53,6
3	Ledoyo	PLTA	Air	PJB	4,5	4,5
4	Selorejo	PLTA	Air	PJB	4,5	4,7
5	Sengguruh	PLTA	Air	PJB	29,0	28,5
6	Tulung Agung	PLTA	Air	PJB	36,0	35,7
7	Mendalan	PLTA	Air	PJB	23,0	20,7
8	Siman	PLTA	Air	PJB	10,8	10,2
9	Madiun	PLTA	Air	PJB	8,1	8,0
10	Paiton	PLTU	Batubara	PJB	800,0	740,0
11	Paiton PEC	PLTU	Batubara	Swasta	1230,0	1220,0
12	Paiton JP	PLTU	Batubara	Swasta	1220,0	1220,0
13	Gresik 1-2	PLTU	Gas	PJB	200,0	160,0
14	Gresik 3-4	PLTU	Gas	PJB	400,0	333,0
15	Perak	PLTU	BBM	Indonesia Power	100,0	72,0
16	Gresik	PLTG	Gas	PJB	61,6	31,0
17	Gilitimur	PLTG	BBM	PJB	40,2	0,0

No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya mam pu MW
18	Grati Blok 1	PLTGU	Gas	Indonesia Power	461,8	454,2
19	Grati Blok 2	PLTG	Gas	Indonesia Power	302,3	300,0
20	Gresik B-1	PLTGU	Gas	PJB	526,3	480,0
21	Gresik B-2	PLTGU	Gas	PJB	526,3	420,0
22	Gresik B-3	PLTGU	Gas	PJB	526,3	480,0
23	Paiton-3	PLTU	Batubara	Swasta	815,0	815,0
24	Paiton-9	PLTU	Batubara	PLN	660,0	615,0
25	Pacitan 1-2	PLTU	Batubara	PLN	630,0	580,0
Jumlah					8.774,7	8.189,1

Pembangkit listrik di Jawa Timur yang berada di grid 500 kV adalah PLTU Paiton, PLTGU Gresik dan PLTGU Grati, sedang yang terhubung ke grid 150 kV adalah PLTGU/PLTU Gresik, PLTU Perak, PLTG Grati, PLTU Pacitan dan PLTA tersebar (Sutami, Tulung Agung, dll). Pasokan dari grid 500 kV adalah melalui 6 Gardu Induk Tegangan Extra Tinggi (GITET), yaitu Krian, Gresik, Grati, Kediri, Paiton dan Ngimbang, dengan kapasitas 7.500

MVA. Peta sistem kelistrikan Jawa Timur ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2.3-2 Peta jaringan TT dan TET di Jawa Timur

Kelistrikan Provinsi Jawa Timur terdiri atas 5 sub-sistem yaitu :

- GITET Krian memasok Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo
- GITET Gresik dan PLTGU/PLTU Gresik memasok Kabupaten Gresik, Kabupaten Tuban, Kabupaten Magetan, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Sumenep, Kabupaten Sampang dan Kabupaten Bangkalan.
- GITET Grati dan PLTG Grati memasok Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Probolinggo, Kota Malang dan Kabupaten Batu.
- GITET Kediri dan PLTA tersebar memasok kota Kediri, kota Madiun, kota Mojokerto, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pacitan.

- GITET Paiton memasok Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Jember, Kabupaten Jombang, Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Bondowoso.
- GITET Ngimbang memasok Kabupaten Tuban, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Pciran dan Kabupaten Lamongan. (PT PLN (Persero), 2013)

2.4 Simulasi dan Pemodelan

Simulasi dan pemodelan merupakan dua hal yang sangat berkaitan. Dimana pemodelan ini merupakan tahap awal agar simulasi dapat dilakukan. Berikut ini adalah penjelasan dari simulasi, pemodelan, dan model simulasi.

2.4.1 Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law & Kelton, 1991). Simulasi menggambarkan secara umum karakteristik dari sistem fisiknya. Simulasi digunakan sebelum sistem yang ada diubah atau sistem yang baru dibangun.

Simulasi dilakukan untuk memprediksi kinerja sistem yang dikembangkan (Wishart, 2008). Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan dalam memenuhi spesifikasi, menghilangkan kemacetan yang tak terduga, mencegah pemanfaatan sumberdaya yang kurang maupun berlebihan, dan untuk mengoptimalkan kinerja sistem (Maria, 1997). Dengan melakukan simulasi, kita dapat menentukan keputusan yang tepat dalam waktu singkat tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar karena seluruh simulasi ini cukup dilakukan hanya dengan menggunakan komputer.

Ada beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan memanfaatkan simulasi, yaitu:

a. Menghemat Waktu (*Compress Time*)

Kemampuan di dalam menghemat waktu ini dapat dilihat dari pekerjaan yang bila dikerjakan akan memakan waktu tahunan tetapi kemudian dapat disimulasikan hanya dalam beberapa menit, bahkan dalam beberapa kasus hanya dalam hitungan detik. Kemampuan ini dapat dipakai oleh para peneliti untuk melakukan berbagai pekerjaan desain operasional yang mana juga memperhatikan bagian terkecil dari waktu untuk kemudian dibandingkan dengan yang terdapat pada sistem yang nyata berlaku.

b. Dapat Melebarluaskan Waktu (*Expand Time*)

Hal ini terlihat dalam dunia statistik dimana hasilnya diinginkan dapat disajikan dengan cepat. Simulasi dapat digunakan untuk menunjukkan perubahan struktur dari suatu Sistem Nyata (*Real System*) yang sebenarnya tidak dapat diteliti pada waktu yang seharusnya (*Real Time*). Dengan demikian simulasi dapat membantu mengubah *Real System* hanya dengan memasukkan sedikit data.

c. Dapat Mengawasi Sumber-sumber yang Bervariasi (*Control Source of Variation*)

Kemampuan pengawasan dalam simulasi ini tampak terutama apabila analisa statistik digunakan untuk meninjau hubungan antara *variable* bebas (*independent*) dengan *variable* terkait (*dependent*) yang merupakan faktor-faktor yang akan dibentuk dalam percobaan. Hal ini dalam kehidupan sehari-hari merupakan suatu kegiatan yang harus dipelajari dan ditangani dan tidak dapat diperoleh dengan cepat.

d. Mengoreksi Kesalahan-kesalahan Perhitungan (*Error in Measurement Correction*)

Dalam prakteknya, pada suatu kegiatan atau pun percobaan dapat saja muncul ketidakbenaran dalam mencatat hasil-hasilnya. Sebaliknya, dalam simulasi komputer jarang ditemukan kesalahan perhitungan terutama bilangan angka-angka diambil dari komputer secara teratur dan bebas. Komputer mempunyai

kemampuan untuk melakukan perhitungan dengan akurat.

e. Dapat Dihentikan dan Dijalankan Kembali (*Stop Simulation and Restart*)

Simulasi komputer dapat dihentikan untuk kepentingan peninjauan ataupun pencatatan semua keadaan yang relevan tanpa berakibat buruk terhadap program simulasi tersebut. Dalam dunia nyata, percobaan tidak dapat dihentikan begitu saja. Dalam simulasi komputer, setelah dilakukan penghentian maka kemudian dapat dengan cepat dijalankan kembali (*restart*).

f. Mudah Diperbanyak (*Easy to Replicate*)

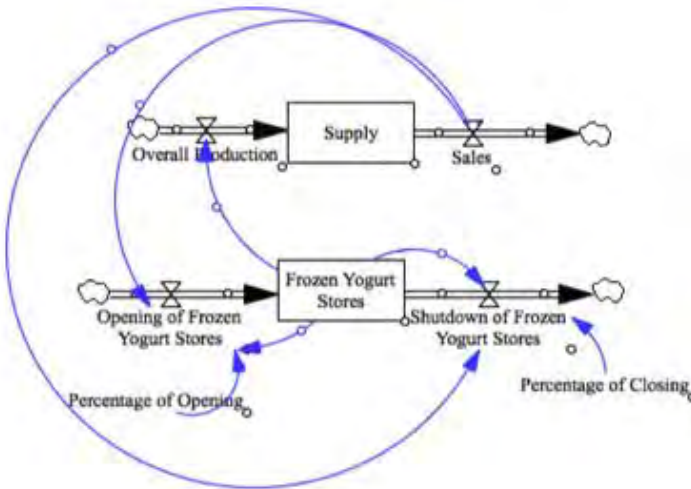
Dengan simulasi komputer percobaan dapat dilakukan setiap saat dan dapat diulang-ulang. Pengulangan dilakukan terutama untuk mengubah berbagai komponen dan variabelnya, seperti dengan perubahan pada parameternya, perubahan pada kondisi operasinya, ataupun dengan memperbanyak *output*nya.

2.4.2 Pemodelan

Pemodelan adalah proses menghasilkan model. Model adalah representasi dari suatu objek, benda, atau ide-ide dalam bentuk yang disederhanakan yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Salah satu tujuan dari model adalah untuk memungkinkan analisis untuk memprediksi efek perubahan sistem (Maria, 1997).

Sebagai alat komunikasi yang sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berpikir bagaimana cara meningkatkan atau memperbaikinya. Model didefinisikan sebagai suatu deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen-komponen berinteraksi.

Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat memudahkan proses analisis dan pengembangannya. Selain itu pemodelan merupakan suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam-macam perbedaan perilakunya. Contoh pemodelan ditampilkan pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 2.4-1 Contoh model persediaan Frozen Yogurt dalam bentuk stock and flow diagram

Untuk membuat suatu model yang baik, maka harus memenuhi karakteristik berikut ini:

- Mempunyai elemen, dimana elemen yang dicantumkan hanya elemen-elemen yang langsung terlibat dalam permasalahan
- Valid, model harus dengan tepat mewakili sistem nyata
- Memberikan hasil yang mudah dimengerti dan berarti
- Dapat digunakan berulang kali
- Mudah untuk dimodifikasi dan dikembangkan

2.4.3 Model Simulasi

Model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu (Law & Kelton, 1991):

a. **Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis**

Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

b. **Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik**

Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.

c. **Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret**

Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

Setiap model simulasi pada umumnya memiliki unsur-unsur seperti:

a. Elemen model

Yaitu entitas pembentuk model yang didefinisikan juga sebagai objek sistem yang menjadi perhatian pokok.

b. Variabel

Yaitu besaran yang nilainya selalu berubah baik secara diskrit maupun kontinyu dalam suatu sistem

c. Parameter

Yaitu besaran yang nilainya tetap namun dapat berubah pada waktu tertentu

d. Hubungan Fungsional

Hubungan antar elemen/entitas model

e. Konstrain

Batasan dari permasalahan yang dihadapi sehingga tidak mencakup terlalu luas dan focus pada permasalahan (Law & Kelton, 1991)

Untuk membuat model simulasi, terdapat beberapa tahap yang harus dilalui, yaitu (Maria, 1997):

a. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah dengan sistem yang ada

b. Merumuskan masalah

Menentukan batasan dan tujuan masalah

c. Mengumpulkan dan mengeksekusi data sistem yang nyata

Mengumpulkan data mengenai spesifikasi sistem, variable input, serta dari kinerja sistem yang ada

d. Merumuskan dan mengembangkan model

Mengembangkan skema dan diagram jaringan sistem

e. Validasi model

Membandingkan model dengan kinerja sistem nyata. Yaman

Barlas dalam jurnalnya yang berjudul “*Multiple Test for Validation of Systems Dynamics Type of Simulation Model*”

(Barlas, 1996), menjelaskan dua cara validasi yaitu:

a. Perbandingan Rata-Rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

\bar{S} = nilai_rata – rata_hasil_simulasi

\bar{A} = nilai_rata – rata_data

Model dianggap valid bila $E1 \leq 5\%$

b. Perbandingan Variasi Amplitudo (% *Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana:

Ss = standard deviasi model

Sa = standard deviasi data

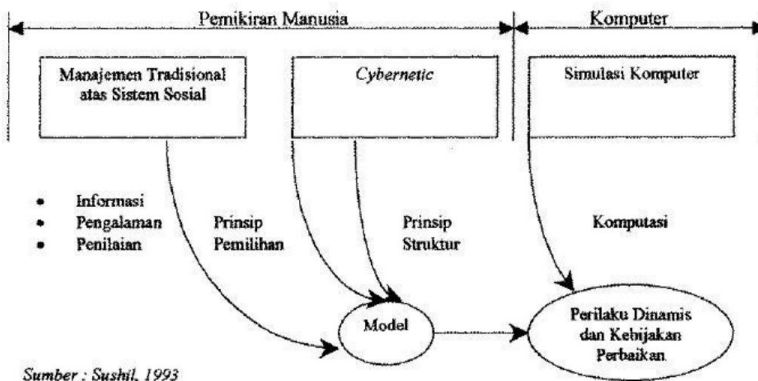
Model dianggap valid bila $E2 \leq 30\%$

- f. Mendokumentasikan model
Mendokumentasikan tujuan, asumsi dan variable *input* secara rinci
- g. Menentukan desain eksperimen yang layak
Memilih ukuran kinerja, variable input yang berpengaruh, dan tingkat setiap variable input
- h. Membangun usulan eksperimen yang akan dijalankan
Menjawab pertanyaan dari masalah yang dirumuskan
- i. Menjalankan simulasi
Menjalankan simulasi dari eksperimen yang telah dilakukan pada 2 langkah sebelumnya
- j. Menginterpretasi hasil
- k. Menganalisis dan mengambil kesimpulan dari hasil simulasi

2.5 Sistem Dinamik

Metodologi sistem dinamik diperkenalkan pertama kali oleh Jay Forrester pada tahun 1958. Kemudian pada tahun 1961, Forrester menerbitkan buku pertama dalam sistem dinamik yang berjudul “*Industrial Dynamics*”. Dalam buku ini, Forrester memberikan definisi dinamika industri sebagai berikut: “Dinamika Industri adalah penelitian tentang karakter informasi umpan balik pada sistem industri dan menggunakan model untuk merancang bentuk organisasi yang lebih terstruktur dan penentuan kebijakan”.

Metodologi sistem dinamik dibangun atas dasar tiga latar belakang disiplin, yaitu manajemen tradisional, teori umpan balik atau *cybernetic*, dan simulasi komputer. Prinsip dan konsep dari ketiga disiplin ini dipadukan dalam sebuah metodologi untuk memecahkan permasalahan manajerial secara holistik, menghilangkan kelemahan dari masing-masing disiplin, dan menggunakan kekuatan setiap disiplin untuk membentuk sinergi. Akar dari metodologi sistem dinamik dan *input* yang diberikan terhadap model sistem dinamik dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 2.5-1 Dasar Metodologi Sistem Dinamik

Manajemen tradisional adalah dunia nyata dari praktisi manajerial yang mengandalkan pengalaman dan penilaian dari para *manager*. Dasar utama dari manajemen tradisional adalah basis data mental dan model mental dengan kekuatan utama pada kekayaan atas informasi kualitatif yang didapat dari pengamatan langsung dan pengalaman.

Cybernetic adalah ilmu mengenai komunikasi dan control yang didasari oleh teori umpan balik. Kekayaan informasi yang terkandung dalam basis data mental tidak dapat digunakan secara efektif tanpa adanya prinsip tentang pemilihan yang relevan dan prinsip tentang strukturasi informasi. Dengan adanya *cybernetic* maka informasi yang ada dapat difiltrasi dan dihubungkan satu sama lain untuk membentuk struktur kausal dan umpan balik dalam sistem.

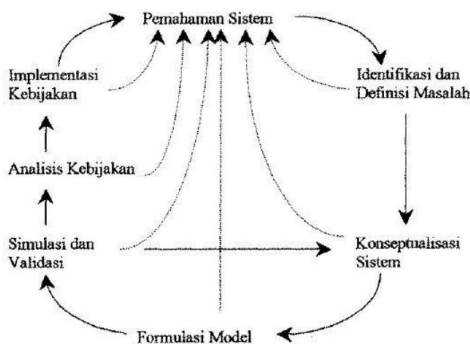
Simulasi komputer digunakan untuk mempelajari konsekuensi yang dihasilkan oleh perilaku dinamis dari suatu system. Simulasi komputer memberikan sumbangan besar dalam perancangan kebijakan-kebijakan yang akan diterapkan dalam suatu system dengan kemampuan untuk memberikan konsekuensi yang akan ditimbulkan atas kebijakan tersebut.

Didasari oleh filosofi kausal, tujuan metodologi sistem dinamik adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Permasalahan dalam suatu system dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem.

Fokus utama dari metodologi sistem dinamik adalah pemahaman atas sistem sehingga langkah pemecahan masalah dengan metodologi sistem dinamik, yaitu:

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi system
3. Formulasi model
4. Simulasi dan validasi model
5. Analisis kebijakan
6. Implementasi

Berikut ini adalah gambar ilustrasi metodologi Sistem Dinamik.



Sumber : Sushil, 1993




Gambar 2.5-2 Metodologi sistem dinamik

Dari model sistem dinamik dalam bentuk diagram kausatik dibangun *Flow Diagram* untuk menggambarkan variabel-variabel

simulasi dan parameterisasi serta formulasi model untuk siap disimulasikan (Erma Suryani, 2011). Variabel dalam sistem dinamik digambarkan pada tabel 2.5-1.

Pada tabel 2.5-1 dijelaskan mengenai variabel yang digunakan dalam menyusun *Flow Diagram* atau diagram alir untuk membangun nilai atau pada setiap variabel yang terkait sistem yang dibuat (Suryani, Chou and Chen, 2010). Diagram alir ini nantinya akan menunjukkan nilai yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan dari penelitian tugas akhir berikut.

Tabel 2.5—1 Variabel Sistem Dinamik

Variabel	Simbol	Keterangan
Level		Merepresentasikan akumulasi kuantitas yang terakumulasi sepanjang waktu, dapat berubah nilainya sejalan dengan perubahan yang terjadi pada <i>rate</i>
Rate		Merepresentasikan laju aliran yang dapat mengubah nilai <i>level</i>
Auxiliary		Merepresentasikan variabel bantu yang berisi formulasi yang dapat menjadi masukan pada <i>rate</i> . Variabel ini sering digunakan untuk formulasi yang kompleks.

2.6 Causal Loop Diagram

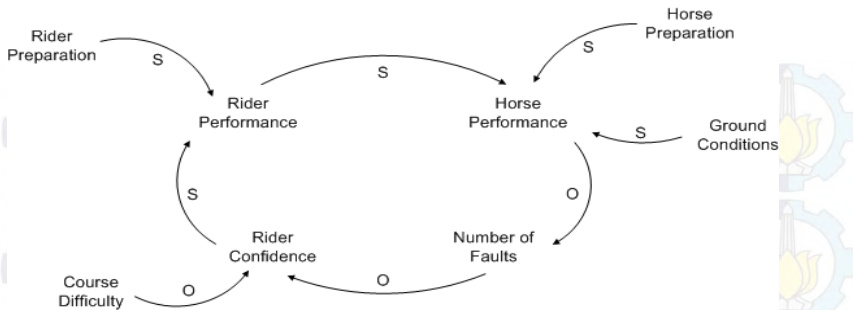
Causal Loop Diagram (CLD) adalah diagram sebab akibat yang membantu dalam memvisualisasikan bagaimana variabel-variabel yang berbeda dalam suatu sistem yang saling terkait. Diagram ini terdiri dari satu set *node* dan tepi. *Node* mewakili variabel dan tepi adalah link yang mewakili koneksi atau hubungan antara dua variabel. Sebuah *link* bertanda positif menunjukkan hubungan positif dan *link* ditandai negatif menunjukkan hubungan negatif. Sebuah

hubungan kausal positif berarti dua *node* berubah ke arah yang sama, yaitu jika *node* di mana *link* mulai menurun, *node* lain juga menurun. Demikian pula, jika *node* di mana *link* mulai meningkat, meningkat simpul lain juga. Sebuah hubungan sebab akibat negatif berarti dua *node* berubah dalam arah yang berlawanan, yaitu jika *node* di mana *link* mulai meningkat, menurun *node* yang lain dan sebaliknya.

Siklus tertutup dalam diagram adalah fitur yang sangat penting dari CLD. Siklus tertutup baik didefinisikan sebagai *loop* memperkuat atau menyeimbangkan. Sebuah *loop* memperkuat merupakan siklus di mana efek dari variasi dalam variabel apapun menyebar melalui *loop* dan kembali ke variabel memaksimalkan deviasi awal yaitu jika kenaikan variabel dalam satu lingkaran memperkuat efek melalui siklus akan kembali meningkat ke yang sama variabel dan sebaliknya. Sebuah *loop balancing* adalah siklus di mana efek dari variasi dalam variabel apapun menyebar melalui *loop* dan kembali ke variabel deviasi berlawanan dengan awal satu yaitu jika kenaikan variabel dalam *loop balancing* efek melalui siklus akan kembali penurunan untuk variabel yang sama dan sebaliknya.

Jika variabel bervariasi dalam satu lingkaran memperkuat efek dari perubahan memperkuat variasi awal. Pengaruh variasi maka akan menciptakan efek lain memperkuat. Tanpa melanggar *loop* sistem akan terjebak dalam lingkaran setan dari reaksi berantai melingkar. Untuk alasan ini, *loop* tertutup adalah fitur penting dalam CLD. (D.Sterman, 2000)

Contoh dari *Causal Loop Diagram* (CLD) terlihat pada gambar



Gambar 2.6-1 Contoh Causal Loop Diagram

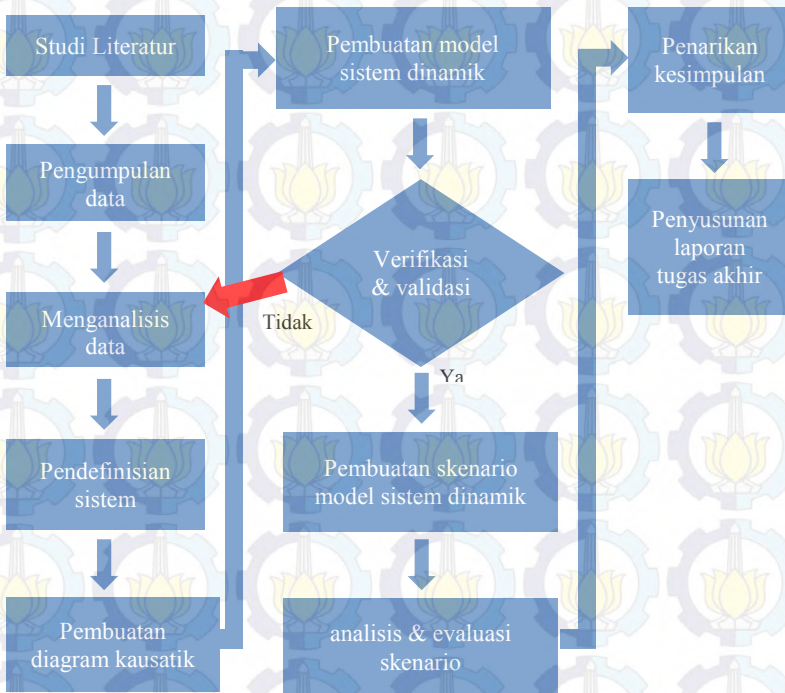
Gambar di atas menggambarkan hubungan antara 2 elemen utama yaitu kuda dan pengendara. Tanda panah antara elemen menunjukkan hubungan sebab akibat. Sedangkan inisial S dan O menunjukkan bagaimana hubungan tersebut bekerja. S (Same direction) digunakan ketika memiliki hubungan arahan yang sama. Contoh, semakin baik performa pengendara, maka semakin baik pula performa kudanya. O (Opposite) digunakan ketika hubungan arahnya bernilai sebaliknya. Contoh, apabila performa kudanya baik, maka peluang *causal loop* terjadinya kesalahan akan semakin kecil (Sherwood, 2002).

Kegunaan dari dan pemetaan stock-flow adalah untuk konsep akumulasi modal sosial dan kegiatan yang menghasilkan dan memburuk ini akumulasi sesuai dengan hubungan sebab-akibat dinyatakan oleh penelitian ilmu politik dan militer-sejarah pemberontakan dan kontra (Anderson & Black, 2007).

BAB III

METODOLOGI TUGAS AKHIR

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam tugas akhir agar terlaksana dengan terstruktur. Tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan pengerjaan yang terangkum dalam metodologi pengerjaan tugas akhir. Diagram alir metodologi tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 3-2.6-1 Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan berbagai kajian pustaka tentang konsep serta metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini data-data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir akan dikumpulkan. Data-data yang dikumpulkan meliputi data-data perusahaan seperti data kebutuhan listrik di Jawa Timur, data jumlah pelanggan di Jawa Timur, dan data pelanggan rumah tangga yang belum berlistrik, dan data lainnya yang berkaitan. Data tersebut dapat berupa file excel atau pdf.

3.3 Menganalisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Analisis data ini bertujuan untuk memastikan apakah data yang telah terkumpul sudah mencakup kebutuhan pembuatan model sistem dinamik pada tugas akhir ini dan juga untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kebutuhan listrik sektor rumah tangga. Maka dengan mengetahui faktor-faktor tersebut, tahapan selanjutnya yaitu pendefinisian sistem, dapat dilakukan dengan lebih mudah.

3.4 Pendefinisian Sistem

Pada tahap pendefinisian sistem ini dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel yang berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir. Dimana pengidentifikasian variabel ini dilakukan dengan cara menentukan variabel yang berpengaruh dari setiap elemen sehingga dapat membantu dalam pengerjaan diagram kausatiknya.

3.5 Pembuatan Diagram Kausatik

Tahap ini merupakan tahap pembuatan diagram kausatik berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan pada saat

pendefinisian sistem. Kemudian, variabel-variabel tersebut akan diilustrasikan keterkaitannya dengan menggunakan diagram kausatik.

3.6 Pembuatan Model Sistem Dinamik

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model sistem dinamik dengan cara membuat diagram *flow* dan membuat formula pada diagram *flow*.

a. **Diagram *flow***

Diagram *flow* akan menggambarkan tentang analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga di Jawa Timur dan dibuat berdasarkan diagram kausatik yang telah dirancang sebelumnya.

b. **Formula pada diagram *Flow***

Formula ini bisa disusun apa bila diagram *Flow* sudah selesai disusun sehingga tipe dari masing-masing variabel lebih jelas terlihat sehingga memudahkan dalam menentukan formula. Formula ini digunakan untuk menghitung hubungan antar variabel berdasarkan data yang dimiliki.

3.7 Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini akan dilakukan verifikasi dan validasi mengenai pendefinisian sistem, diagram kausatik, model sistem dinamik, dan formula yang telah dibuat sebelumnya.

a) **Verifikasi**

Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program computer) sesuai dengan logika diagram alur. (Hoover dan Perry, 1989); Verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dengan pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law dan Kelton, 1991). Verifikasi ini bertujuan untuk

mengetahui apakah formula sudah sesuai dengan model ataukah masih terjadi kesalahan.

b) Validasi

Validasi dilakukan setelah proses verifikasi selesai. Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata? (Hoover dan Perry, 1989); Validasi adalah penentuan apakah mode konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton, 1991). Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan sistemnya. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam validasi model:

a. Perbandingan Rata-Rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{|Rata\ rata\ Simulasi - Rata\ rata\ Data|}{Rata\ rata\ Data}$$

E1 = error rate. Nilai Error Rate $\leq 5\%$

b. Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Standar\ deviasi\ model - Standar\ deviasi\ data|}{standar\ deviasi\ Data}$$

E2 = error rate. Nilai Error Rate $\leq 30\%$

Apabila verifikasi dan validasi gagal, maka langkah selanjutnya adalah kembali melakukan analisis data untuk menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan listrik sektor rumah tangga yang belum terdeteksi sebelumnya.

3.8 Pembuatan Skenario Model Sistem Dinamik

Pada tahap ini dapat dilakukan apabila tahap verifikasi dan validasi sudah berhasil. Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan skenario model sistem dinamik. Pembuatan skenario ini bertujuan

untuk memperbaiki kerja sistem agar dapat membuat proyeksi kebutuhan listrik yang lebih baik. Dalam pembuatan skenario ini, menggunakan 2 jenis model skenario, yaitu Skenario Parameter dan Skenario Struktur. Pada skenario parameter, akan dilakukan perubahan nilai parameter dari variabel jumlah pelanggan yang memiliki keterkaitan dengan jumlah kebutuhan listrik sektor rumah tangga di Jawa Timur. Nilai variabel akan dirubah sebanyak 3 kali untuk skenario pesimistik, *most-likely*, dan optimistik. Dari hasil ketiga skenario parameter tersebut dapat dilihat skenario manakah yang dapat memenuhi kebutuhan listrik paling tepat. Pada skenario struktur, akan dilakukan perubahan struktur model proyeksi kebutuhan listrik, seperti menambahkan variabel yang berpengaruh terhadap kebutuhan listrik sektor rumah tangga di Jawa Timur.

3.9 Analisis dan Evaluasi Skenario

Pada tahapan ini akan dilakukan analisis berdasarkan *output* dari model yang dibuat berdasarkan kondisi saat ini. Dari hasil analisis tersebut akan dapat diidentifikasi variabel apasaja yang berpengaruh secara signifikan terhadap kebutuhan energi listrik.

Pada tahap skenario, skenario dapat dilakukan setelah model valid. Dari skenario ini nantinya akan didapat beberapa alternatif kebijakan yang dapat dijadikan panduan manajemen PLN dalam memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur pada masa mendatang.

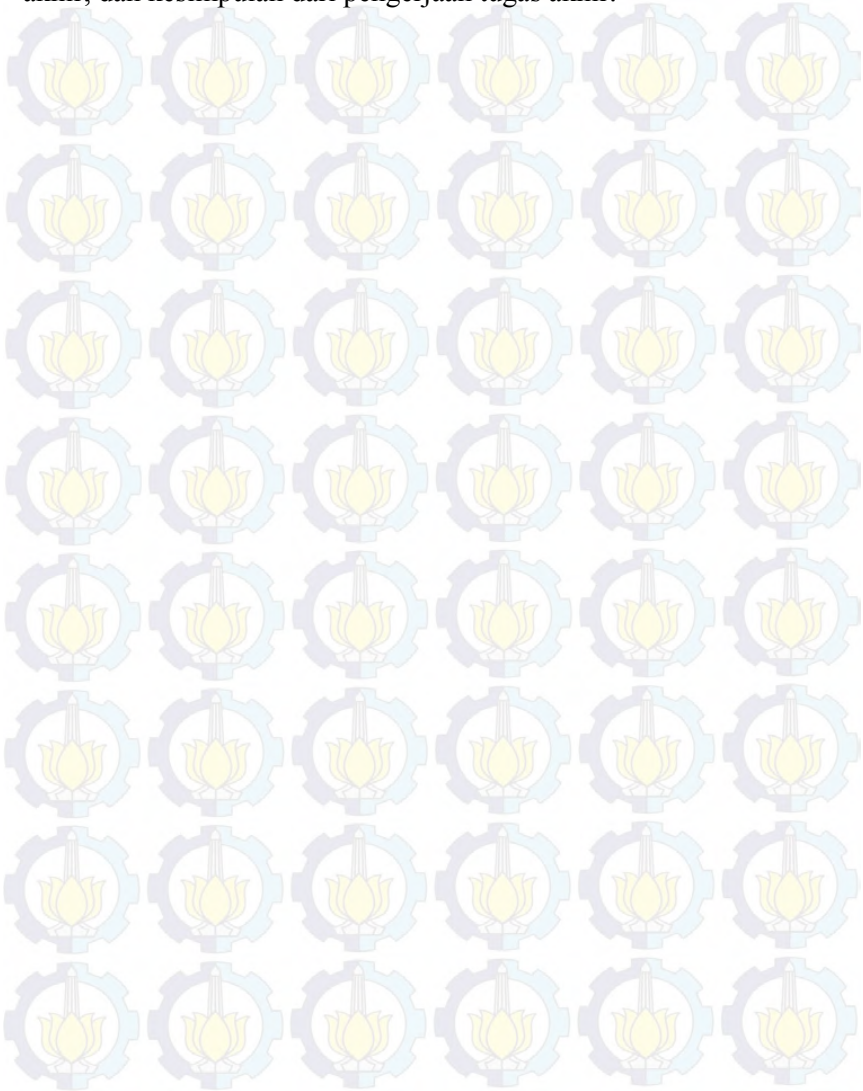
3.10 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pengerjaan tugas akhir. Dimana penarikan kesimpulan ini akan menjelaskan apakah model simulasi sistem dinamik yang telah dibuat ini dapat menghasilkan *output* yang akurat sehingga dapat membantu PT. PLN dalam memproyeksikan kebutuhan listrik sektor rumah tangga dengan baik.

3.11 Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir

Tahap ini merupakan tahap akhir dari pengerjaan tugas akhir. Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan buku laporan tugas akhir yang berisi penjelasan dokumentasi langkah-langkah

pembuatan tugas akhir secara mendetail, hasil pembuatan tugas akhir, dan kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir.



BAB IV

PEMODELAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pemodelan dari sistem nyata yang digunakan sebagai studi kasus dalam tugas akhir ini. Pemodelan akan dibuat dengan menggunakan aplikasi Ventana System (Vensim).

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengambil data secara langsung pada PT. PLN Distribusi Jawa Timur dan juga menggunakan data statistik perusahaan PT Pembangkitan Jawa-Bali yang tersedia di website PT. PJB. Data-data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Jumlah rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
2. Jumlah pelanggan setiap golongan tarif pada sektor rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
3. Jumlah daya tersambung setiap golongan tarif pada sektor rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
4. Jumlah tenaga listrik terjual setiap golongan tarif pada sektor rumah untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
5. Jumlah tenaga listrik terjual pada sektor komersial, publik, dan industri untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
6. Jumlah kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
7. Jumlah produksi listrik oleh PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTGU dari tahun 2001 - 2012

4.2 Menganalisis Data

Pada tahap ini, data yang sudah didapatkan sebelumnya dianalisis sehingga menghasilkan beberapa data dan informasi sebagai berikut:

4.2.1 Pembagian area di Jawa Timur

Pembagian area di Jawa Timur berdasarkan PT. PLN Distribusi Jawa Timur terdiri dari 16 area, dimana pembagian tersebut dibentuk berdasarkan karakteristik jumlah pelanggan, asset (jaringan dan trafo), dan kondisi geografis. Berikut ini adalah keenam belas area tersebut:

- Surabaya Utara
- Surabaya Barat
- Surabaya Selatan
- Malang, terdiri dari kabupaten Malang, kota Malang, dan kota Batu
- Pasuruan, terdiri dari kabupaten Pasuruan, kota Pasuruan, kabupaten Probolinggo, dan kota Probolinggo
- Mojokerto, terdiri dari kota Mojokerto, kabupaten Mojokerto, kabupaten Jombang, dan kabupaten Nganjuk
- Kediri, terdiri dari kabupaten Kediri, kota Kediri, kabupaten Tulung Agung, kabupaten Blitar, dan kota Blitar
- Jember, terdiri dari kabupaten Jember dan kabupaten Lumajang
- Bojonegoro, terdiri dari kabupaten Bojonegoro, kabupaten Tuban, dan kabupaten Lamongan
- Pamekasan, terdiri dari kabupaten Bangkalan, kabupaten Sampang, kabupaten Pamekasan, dan kabupaten Sumenep
- Gresik, terdiri dari kabupaten Gresik
- Sidoarjo, terdiri dari kabupaten Sidoarjo

- Situbondo, terdiri dari kabupaten Situbondo, kabupaten Bondowoso
- Banyuwangi, terdiri dari kabupaten Banyuwangi
- Ponorogo, terdiri dari kabupaten Pacitan, kabupaten Ponorogo, dan kabupaten Trenggalek
- Madiun, terdiri dari kabupaten Madiun, kabupaten Magetan, kabupaten Ngawi

Dari enam belas area tersebut, ada beberapa area yang memiliki karakteristik wilayah dan pertumbuhan kebutuhan listrik yang mirip sehingga area-area tersebut digabung menjadi satu pada tugas akhir ini. Selain itu, yang menjadi pertimbangan dalam penggabungan area ini adalah jarak antara satu area dengan area lainnya. Area yang lokasinya berdekatan dan memiliki karakteristik wilayah yang mirip, maka area tersebut akan digabung menjadi satu. Pertimbangan untuk menggabungkan area terdekat karena kondisi infrastrukturnya juga mirip. Apabila terdapat area yang memiliki pertumbuhan pelanggan yang mirip namun kondisi geografisnya berbeda, maka area tersebut tidak dapat digabung. Berdasarkan pertimbangan tersebut, terbentuk 10 area pada tugas akhir ini, yaitu:

- a. Area Surabaya Utara, Surabaya Barat, dan Surabaya Selatan digabung menjadi satu area yaitu area Surabaya. Ketiga area ini digabungkan karena Surabaya Utara, Surabaya Barat, dan Surabaya Selatan merupakan bagian dari ibukota Jawa Timur, dan merupakan area yang memiliki kebutuhan listrik paling banyak di Jawa Timur.
- b. Area Pasuruan dan Malang digabung menjadi satu area yaitu area Pasuruan Malang. Kedua area ini digabung karena area pasuruan dan malang memiliki nilai rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik yang sama dalam waktu 12 tahun (2001 – 2012), yaitu sebanyak 0.07. Selain itu area pasuruan dan malang ini memiliki kondisi geografis

yang sama yaitu sebagian besar wilayahnya berada ditinggikan diatas 500 meter.

- c. Area Jember. Area ini memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 0.08 per tahunnya. Area yang memiliki nilai yang sama dengan Jember adalah Pamekasan. Persamaan lain antara Jember dan Pamekasan adalah kondisi geografisnya berupa dataran rendah. Hanya saja, area Jember dan Pamekasan tidak dapat digabungkan karena jarak antara kedua area ini sangat jauh Selain itu, kondisi infrastrukturnya juga berbeda.
- d. Area Sidoarjo dan Gresik digabung menjadi area Sidoarjo Gresik. Kedua area ini digabung karena kedua area ini sama-sama berada di dataran rendah dan memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik yang sama, yaitu 0.10 per tahun.
- e. Area Madiun dan Ponorogo digabung menjadi area Madiun Ponorogo. Kedua area ini digabung karena area Madiun dan area Ponorogo bersebelahan dan keduanya memiliki kondisi geografis yang mirip yaitu sebanyak 65% areanya berada pada ketinggian 500 – 1500 meter.
- f. Area Mojokerto. Area ini memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 0.10 per tahunnya. Area yang memiliki nilai yang sama adalah area Gresik dan Sidoarjo. Hanya saja, kondisi geografisnya tidak sama, dimana pada area Mojokerto terdapat wilayah yang berada pada ketinggian 500 – 3000 meter, sedangkan area Gresik dan Sidoarjo seluruhnya berada di dataran rendah. Oleh sebab itu, area Mojokerto ini tidak digabungkan dengan area yang lain.
- g. Area Kediri. Area ini memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebanyak 0.05 per tahun dan dengan kondisi geografis sebanyak 15% berada pada ketinggian 500 – 1500 meter. Tidak ada area lainnya yang memiliki

kriteria seperti area Kediri, sehingga area ini tidak digabungkan dengan area lainnya.

- h. Area Situbondo dan area Banyuwangi digabungkan menjadi area Situbondo Banyuwangi. Kedua area ini digabungkan karena sama-sama memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebanyak 0.07 per tahun.
- i. Area Bojonegoro. Area ini memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebanyak 0.07 per tahun. Area yang memiliki nilai yang sama adalah area Situbondo dan Banyuwangi. Area Bojonegoro tidak digabung dengan kedua area tersebut karena lokasinya yang berjauhan sehingga memungkinkan kondisi infrastrukturnya juga berbeda. Selain itu, area Bojonegoro merupakan area yang berada di dataran rendah, sangat berbeda dengan area Situbondo dan Banyuwangi yang ada wilayahnya berada pada ketinggian 500 – 3000 meter.
- j. Area Pamekasan. Area ini memiliki nilai pertumbuhan kebutuhan listrik sebanyak 0.08 per tahun. Area yang memiliki pertumbuhan kebutuhan listrik yang sama adalah Jember, hanya saja kedua area ini tidak dapat digabungkan karena jarak antara kedua area ini sangat jauh. Selain itu, kondisi infrastrukturnya juga berbeda.

Berikut ini adalah hasil pemetaan pembagian area yang baru di Jawa Timur.



Gambar 4.2-1 Pembagian Area Kebutuhan Listrik di Jawa Timur

4.2.2 *Rate* rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur

Rate rumah tangga ini digunakan untuk membentuk pola pertumbuhan jumlah rumah tangga di seluruh area Jawa Timur. Sehingga dengan *rate* rumah tangga ini, dapat diketahui bagaimana proyeksi pertumbuhan rumah tangga di seluruh area Jawa Timur. Nilai dari *rate* rumah tangga ini didapat dari rata-rata perbandingan jumlah rumah tangga tahun mendatang dengan jumlah rumah tangga tahun ini dari tahun 2001 hingga tahun 2012. Nilai *rate* ini akan digunakan sebagai input dari variabel yang ada pada model. Berikut ini adalah *rate* rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur yang sudah diurutkan dari yang memiliki nilai tertinggi hingga terendah.

Tabel 4.2—1 *Rate* Rumah Tangga seluruh area di Jawa Timur

No	Nama Area	Rate Rumah Tangga
1	Surabaya	0.01500
2	Malang Pasuruan	0.01500
3	Gresik Sidoarjo	0.01100
4	Jember	0.01000

5	Pamekasan	0.00900
6	Mojokerto	0.00780
7	Situbondo Banyuwangi	0.00600
8	Ponorogo Madiun	0.00500
9	Kediri	0.00350
10	Bojonegoro	0.00123

4.2.3 *Rate* jumlah pelanggan seluruh golongan tarif sektor rumah tangga seluruh area di Jawa Timur

Rate jumlah pelanggan seluruh golongan tarif sektor rumah tangga ini digunakan untuk membentuk pola pertumbuhan jumlah pelanggan seluruh golongan tarif sektor rumah tangga seluruh area Jawa Timur. Sehingga dengan *rate* jumlah pelanggan ini, dapat diketahui bagaimana proyeksi pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga di seluruh area Jawa Timur. Nilai dari *rate* jumlah pelanggan seluruh golongan tarif rumah tangga ini didapat dari rata-rata perbandingan jumlah pelanggan golongan tarif tahun mendatang dengan jumlah pelanggan golongan tarif tahun ini dari tahun 2001 hingga tahun 2012. Nilai *rate* ini akan digunakan sebagai input dari variabel yang ada pada model. Berikut ini adalah *rate* jumlah pelanggan seluruh golongan tarif sektor rumah tangga seluruh area di Jawa Timur.

Tabel 4.2—2 Rate Jumlah pelanggan seluruh golongan tarif Rumah Tangga seluruh area di Jawa Timur

No	Nama Area	Kelompok tarif	Rate Rumah Tangga
1	Surabaya	R-1/TR s.d 450 VA	-0.037
		R-1/TR 900 VA	0.049
		R-1/TR 1300 VA	0.052
		R-1/TR 2200 VA	0.044
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.053
		R-3/TR > 6600 VA	0.098

No	Nama Area	Kelompok tarif	Rate Rumah Tangga
2	Malang Pasuruan	R-1/TR s.d 450 VA	-0.003
		R-1/TR 900 VA	0.080
		R-1/TR 1300 VA	0.047
		R-1/TR 2200 VA	0.075
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.066
		R-3/TR > 6600 VA	0.148
3	Mojokerto	R-1/TR s.d 450 VA	0.005
		R-1/TR 900 VA	0.117
		R-1/TR 1300 VA	0.039
		R-1/TR 2200 VA	0.102
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.110
		R-3/TR > 6600 VA	0.100
4	Kediri	R-1/TR s.d 450 VA	-0.0048
		R-1/TR 900 VA	0.092
		R-1/TR 1300 VA	0.067
		R-1/TR 2200 VA	0.128
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.108
		R-3/TR > 6600 VA	0.178
5	Jember	R-1/TR s.d 450 VA	0.034
		R-1/TR 900 VA	0.093
		R-1/TR 1300 VA	0.014
		R-1/TR 2200 VA	0.068
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.115
		R-3/TR > 6600 VA	0.114
6	Bojonegoro	R-1/TR s.d 450 VA	0.010
		R-1/TR 900 VA	0.097
		R-1/TR 1300 VA	0.047
		R-1/TR 2200 VA	0.106

No	Nama Area	Kelompok tarif	Rate Rumah Tangga
7	Pamekasan	R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.109
		R-3/TR > 6600 VA	0.190
		R-1/TR s.d 450 VA	0.007
		R-1/TR 900 VA	0.106
		R-1/TR 1300 VA	0.036
		R-1/TR 2200 VA	0.092
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.089
8	Gresik Sidoarjo	R-3/TR > 6600 VA	0.236
		R-1/TR s.d 450 VA	-0.005
		R-1/TR 900 VA	0.098
		R-1/TR 1300 VA	0.052
		R-1/TR 2200 VA	0.107
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.134
9	Situbondo Banyuwangi	R-3/TR > 6600 VA	0.156
		R-1/TR s.d 450 VA	0.010
		R-1/TR 900 VA	0.092
		R-1/TR 1300 VA	0.038
		R-1/TR 2200 VA	0.097
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.095
10	Ponorogo Madiun	R-3/TR > 6600 VA	0.037
		R-1/TR s.d 450 VA	0.019
		R-1/TR 900 VA	0.070
		R-1/TR 1300 VA	0.052
		R-1/TR 2200 VA	0.117
		R-2/TR 3500 VA s.d 5500 VA	0.099
		R-3/TR > 6600 VA	0.250

4.2.4 Rasio elektrifikasi pada seluruh area di Jawa Timur

Rasio elektrifikasi dari setiap area di Jawa Timur, dapat diketahui dengan melihat seberapa banyak penduduk yang menikmati listrik jika dibandingkan dengan jumlah penduduk. Semakin tinggi rasio elektrifikasi suatu area, maka tingkat perekonomian dan kesejahteraan penduduk di area tersebut juga semakin besar.

Rasio elektrifikasi pada seluruh area Jawa Timur setiap tahunnya selalu meningkat. Tetapi peningkatan yang terjadi jumlahnya tidak merata satu area dengan area lainnya. Berikut ini adalah perkembangan rasio elektrifikasi seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 hingga tahun 2012.

Tabel 4.2—3 Perkembangan rasio elektrifikasi (%)

No	Nama Area	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Surabaya	76.9	77.55	78.34	79.61	80.4	80.7	81.45	83.05	84.15	86.60	88.40	88.89
2	Malang Pasuruan	63.7	64.16	64.66	65.04	65.7	66.2	66.84	65.07	65.71	68.52	72.01	77.08
3	Mojokerto	70.9	72.16	73.53	75.30	76.3	77.1	77.90	78.08	79.04	81.98	86.54	93.48
4	Kediri	59.4	60.62	61.85	63.51	64.4	64.9	65.90	67.36	68.94	72.19	75.81	80.19
5	Jember	43.9	45.96	48.22	49.23	50.2	51.0	52.09	52.51	53.15	58.70	63.88	72.11
6	Bojonegoro	49.4	50.79	52.30	52.63	53.6	54.7	56.01	57.23	58.96	62.72	66.22	70.51
7	Pamekasan	35.5	35.96	36.83	37.65	38.1	39.0	39.62	40.17	41.31	43.40	45.91	49.10
8	Gresik Sidoarjo	62.9	64.13	65.46	66.74	68.2	69.2	69.05	70.80	72.90	76.08	79.69	83.57
9	Situbondo Banyuwangi	48.1	49.78	51.64	52.73	53.5	54.2	55.64	56.29	58.73	62.82	67.34	73.70
10	Ponorogo Madiun	58.3	59.84	61.52	63.00	63.9	65.3	66.64	68.08	69.30	72.35	75.08	79.89

Pada tabel tersebut terlihat bahwa rasio elektrifikasi di setiap area tidak merata. Dari seluruh area di Jawa Timur, area Pamekasan merupakan area yang memiliki rasio elektrifikasi paling rendah pada tahun 2012 dan area Mojokerto merupakan area yang memiliki rasio elektrifikasi paling tinggi pada tahun 2012. Hal tersebut menandakan bahwa pada area Pamekasan masih banyak sekali penduduk yang belum menikmati listrik dan pada area Mojokerto hampir seluruh rumah tangga sudah menikmati listrik.

4.2.5 Jam nyala untuk setiap golongan tarif sektor rumah tangga di Jawa Timur

Jam nyala merupakan waktu dimana pelanggan rumah tangga menggunakan listrik di rumahnya. (PT PLN (Persero), 2013) Jam nyala ini sangat berkaitan dengan nilai kebutuhan listrik seluruh area di Jawa Timur. Semakin tinggi nilai jam nyala, maka kebutuhan listrik juga akan semakin tinggi. Data jam nyala tiap kelompok pelanggan di tiap-tiap area di Jawa Timur, dapat dilihat pada **Lampiran A Data Inputan.**

4.2.6 Kebutuhan listrik untuk setiap golongan tarif sektor rumah tangga di Jawa Timur

Kebutuhan listrik untuk setiap golongan tarif sektor rumah tangga ini sangat berkaitan dengan jam nyala dan daya tersambung. Daya tersambung ini merupakan banyaknya daya yang terpasang pada pelanggan rumah tangga. Semakin tinggi jam nyala dan semakin banyak daya tersambung, maka kebutuhan listrik juga akan semakin banyak.

4.2.7 Rate kebutuhan listrik non rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur

Kebutuhan listrik non rumah tangga selalu meningkat setiap tahunnya. Untuk mengetahui jumlah kebutuhan listrik non rumah tangga di masa mendatang, maka diperlukan *Rate* yang dapat digunakan sebagai acuan proyeksi kebutuhan listrik non rumah tangga. *Rate* kebutuhan listrik non rumah tangga ini

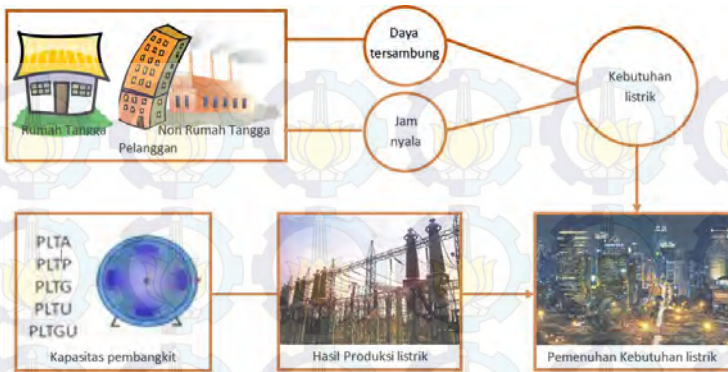
akan membentuk pola pertumbuhan kebutuhan listrik non rumah tangga di seluruh area Jawa Timur. Nilai dari *rate* kebutuhan listrik non rumah tangga ini didapat dari rata-rata perbandingan jumlah kebutuhan listrik non rumah tangga tahun mendatang dengan kebutuhan listrik non rumah tangga tahun ini dari tahun 2001 hingga tahun 2012. Nilai *rate* ini akan digunakan sebagai input dari variabel yang ada pada model. Data kebutuhan listrik non rumah tangga tiap area di Jawa Timur dapat dilihat pada **Lampiran A Data Inputan**. Berikut ini adalah *rate* kebutuhan non rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur.

Tabel 4.2—4 Rate kebutuhan listrik non Rumah Tangga

No	Nama Area	Rate Kebutuhan listrik non Rumah Tangga
1	Surabaya	0.0457
2	Malang Pasuruan	0.063
3	Mojokerto	0.105
4	Kediri	0.0474
5	Jember	0.1143
6	Bojonegoro	0.078
7	Pamekasan	0.1021
8	Gresik Sidoarjo	0.1049
9	Situbondo Banyuwangi	0.0787
10	Ponorogo Madiun	0.108

4.3 Pendefinisian sistem

Pendefinisian sistem ini merupakan tahapan memahami sistem yang akan disimulasikan. Sistem yang akan disimulasikan pada tugas akhir ini adalah analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.



Gambar 4.3-1 Pendefinisian sistem

Pada gambar 4.3-1 terlihat pendefinisian dari sistem yang akan dibuat. Dimana pelanggan listrik yang terdiri dari pelanggan Rumah Tangga dan pelanggan Non Rumah Tangga memiliki daya tersambung dan jam nyalanya masing-masing sesuai dengan seberapa banyak listrik yang dikonsumsi. Dari daya tersambung dan jam nyala tersebut, akan terbentuk jumlah kebutuhan listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, ada beberapa pembangkit yang memiliki kapasitas yang berbeda-beda untuk memproduksi listrik. Hasil dari produksi listrik tersebut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada.

Variabel-variabel yang berkaitan dengan analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur adalah:

4.3.1 Kebutuhan listrik sektor rumah tangga

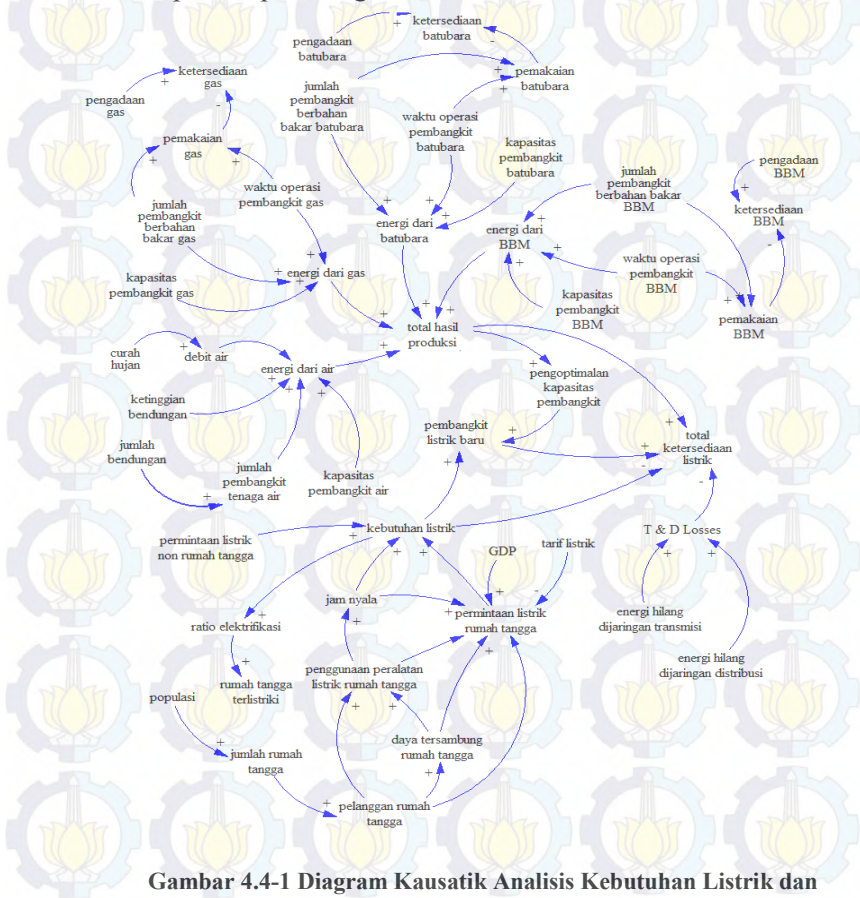
Kebutuhan listrik sektor rumah tangga disusun oleh variabel: populasi, jumlah rumah tangga, pelanggan rumah tangga, daya tersambung, tarif listrik, penggunaan peralatan listrik rumah tangga, jam nyala, tariff listrik, dan *Gross Domestic Product (GDP)*

4.3.2 Kapasitas pembangkit

Kapasitas pembangkit terdiri dari variabel kebutuhan listrik, total hasil produksi, dan jumlah pembangkit

4.4 Diagram Kausatik

Diagram kausatik merupakan diagram yang menampilkan hubungan antar variabel dan pengaruh dari setiap hubungan tersebut terhadap kebutuhan listrik dan pembangkit listrik di Jawa Timur. Berikut ini adalah diagram kausatik yang menggambarkan sistem pada analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.

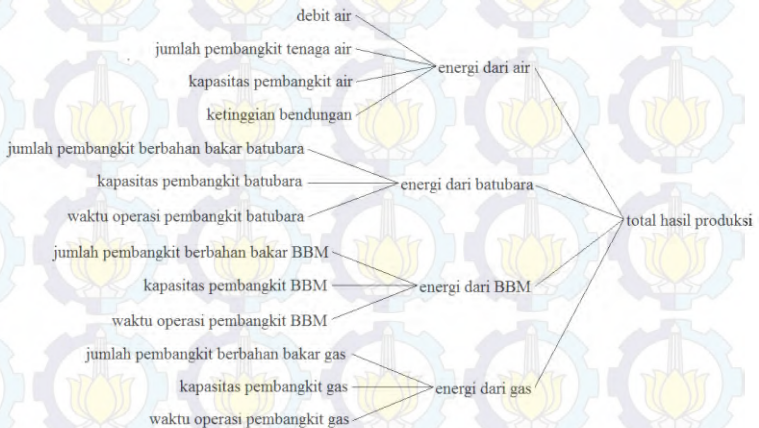


Gambar 4.4-1 Diagram Kausatik Analisis Kebutuhan Listrik dan kapasitas pembangkit di Jawa Timur

Berikut ini adalah beberapa sub model yang memiliki keterkaitan dan hubungan sebab akibat yang bersifat positif dan negative dalam diagram kausatik.

1. Total produksi listrik

Dalam sub model total produksi listrik ini, terdapat variabel-variabel yang dapat mempengaruhi total hasil produksi listrik. Variabel-variabel tersebut terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-2 Variabel yang mempengaruhi total produksi listrik

Kemudian variabel total hasil produksi ini akan mempengaruhi nilai dari variabel lainnya, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-3 Variabel yang dipengaruhi oleh total produksi listrik

- a. Pengoptimalan kapasitas pembangkit
Pengoptimalan kapasitas pembangkit adalah variabel yang menggambarkan seberapa optimal kapasitas pembangkit digunakan dalam memproduksi listrik

untuk memenuhi kebutuhan listrik. Sehingga semakin banyak hasil produksi dari pembangkit, maka semakin optimal penggunaan dari kapasitas pembangkit tersebut. Apabila kapasitas pembangkit sudah tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik, maka diperlukan suatu pembangkit listrik baru untuk menunjang proses produksi listrik.

b. Total ketersediaan listrik

Total ketersediaan listrik merupakan variabel yang menggambarkan seberapa banyak listrik yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan listrik pelanggan.

2. Kebutuhan listrik

Dalam sub model kebutuhan listrik ini, terdapat variabel-variabel yang dapat mempengaruhi kebutuhan listrik. Variabel-variabel tersebut terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-4 Variabel yang mempengaruhi kebutuhan listrik

a. Jam Nyala

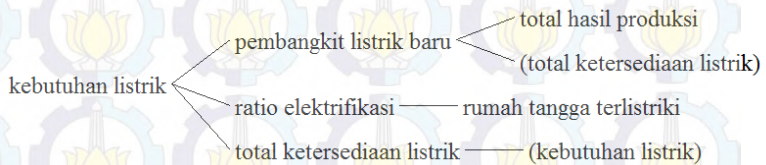
Jam nyala merupakan suatu variabel yang menggambarkan seberapa lama listrik dikonsumsi oleh pelanggan. Lama konsumsi listrik tersebut dipengaruhi oleh jumlah penggunaan peralatan listrik rumah tangga.

b. Permintaan listrik non rumah tangga

Permintaan listrik non rumah tangga merupakan suatu variabel yang menggambarkan banyaknya permintaan listrik dari sektor industri, sosial, dan komersial.

- c. **Permintaan listrik rumah tangga**
 Permintaan listrik rumah tangga merupakan suatu variabel yang menggambarkan banyaknya kebutuhan listrik sektor rumah tangga untuk golongan tarif R-1/TR 450, R-1/TR 900, R-1/TR 1300, R-1/TR 2200, R-2/TR 3500-5500, dan R-3/TR diatas 6600. Permintaan listrik rumah tangga ini berkaitan dengan jam nyala dan daya tersambung.

Kemudian variabel kebutuhan listrik ini akan mempengaruhi nilai dari variabel lainnya, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-5 Variabel yang dipengaruhi oleh kebutuhan listrik

- a. **Pembangkit listrik baru**
 Pembangkit listrik baru merupakan suatu variabel yang menggambarkan seberapa banyak kapasitas pembangkit yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan listrik mendatang. Dengan adanya pembangkit listrik baru ini akan berdampak pada hasil produksi dan total ketersediaan listrik menjadi lebih banyak.
- b. **Ratio elektrifikasi**
 Rasio elektrifikasi merupakan suatu variabel yang menggambarkan banyaknya rumah tangga yang sudah menikmati listrik jika dibandingkan dengan total rumah tangga yang ada. Semakin besar rasio

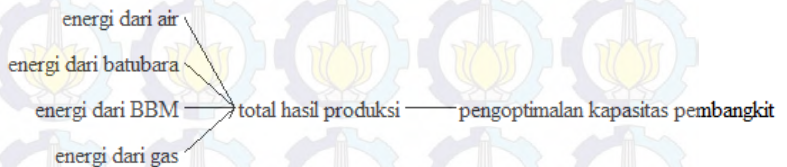
elektrifikasi, maka kesejahteraan penduduk semakin baik.

c. Total ketersediaan listrik

Total ketersediaan listrik merupakan suatu variabel yang menggambarkan banyaknya hasil produksi listrik yang telah dikurangi dengan konsumsi listrik oleh pembangkit dan energi yang hilang selama proses transmisi dan distribusi listrik. Total ketersediaan listrik ini akan terus berkurang sesuai dengan banyaknya listrik yang dikonsumsi oleh pelanggan.

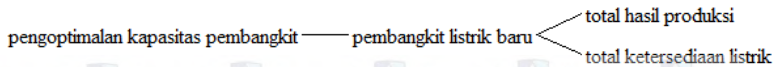
3. Pengoptimalan kapasitas pembangkit

Dalam sub model pengoptimalan kapasitas pembangkit ini, terdapat variabel-variabel yang dapat mempengaruhi desain kapasitas pembangkit baru. Variabel-variabel tersebut terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-6 Variabel yang mempengaruhi pengoptimalan kapasitas pembangkit

Kemudian variabel pengoptimalan kapasitas pembangkit ini akan mempengaruhi nilai dari variabel lainnya, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.4-7 Variabel yang dipengaruhi oleh pengoptimalan kapasitas pembangkit

4.5 Model Sistem Dinamik

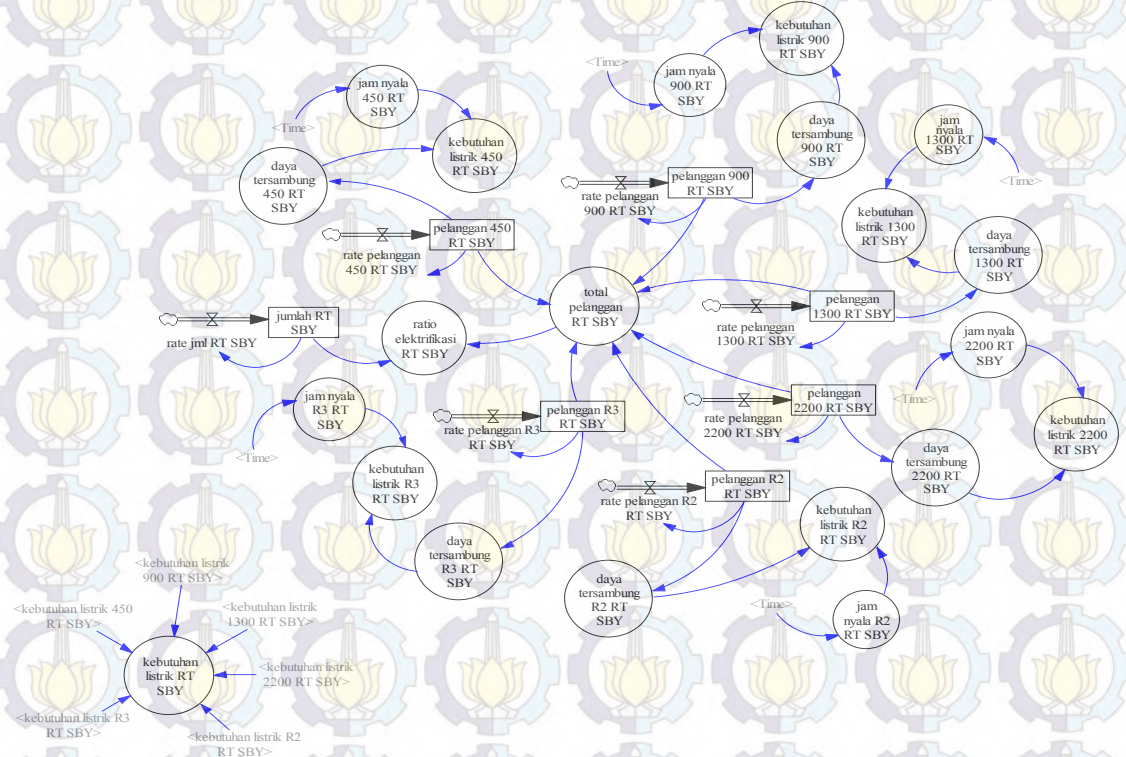
Model Sistem dinamik ini terdiri dari diagram *Flow* dan formula pada diagram *flow*. Diagram *flow* ini digunakan untuk menggambarkan atau mensimulasikan analisis kebutuhan listrik dan desain kapasitas pembangkit berdasarkan diagram kausatik yang telah dibuat. Dalam membuat diagram *flow* ini, ada beberapa hal yang harus ditentukan yaitu:

- Variabel pada sistem yang nilainya selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Variabel ini akan dilambangkan dengan *level*. Variabel-variabel tersebut adalah jumlah pelanggan, kebutuhan listrik rumah tangga (RT), dan kebutuhan listrik non RT
- Laju pertumbuhan atau pengurangan dari variabel yang nilainya selalu berubah dari waktu ke waktu. Laju pertumbuhan atau pengurangan ini akan dilambangkan dengan *rate*
- Variabel bantu yang dapat menjadi masukan pada *rate*. Variabel bantu ini akan dilambangkan dengan *Auxallary*
- Variabel yang nilainya selalu tetap dari waktu ke waktu. Variabel ini akan dilambangkan dengan *Constant*. Variabel-variabel tersebut adalah kapasitas terpasang pembangkit

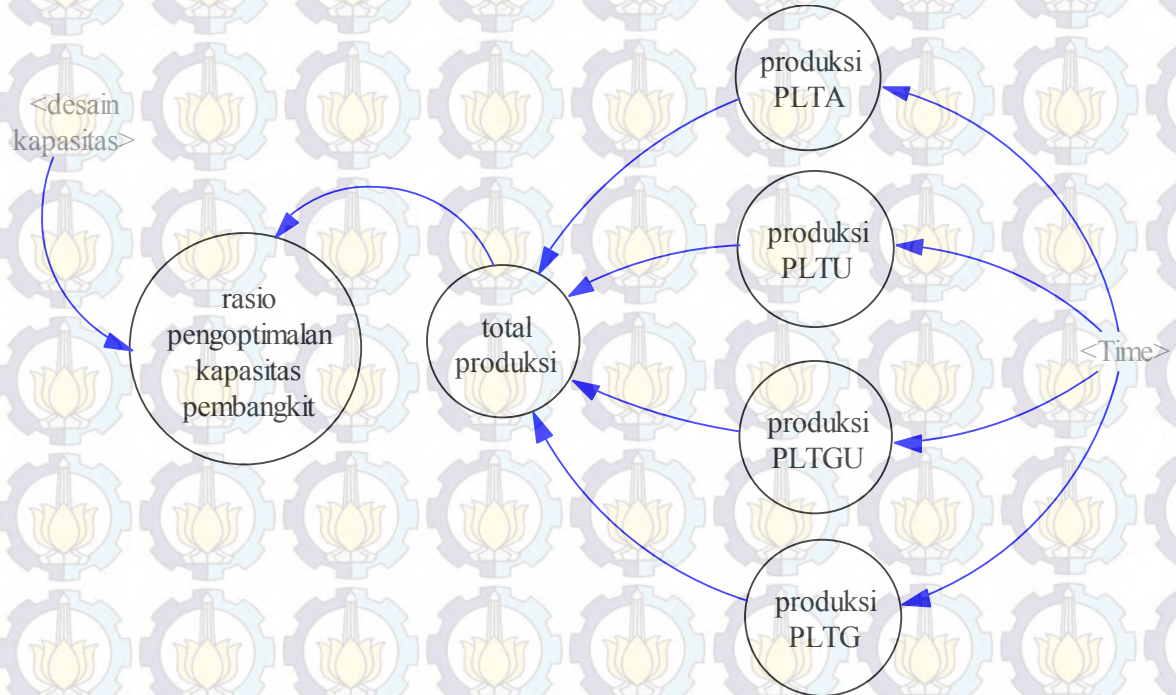
4.5.1 Diagram Flow

Berikut ini adalah diagram *flow* untuk analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.

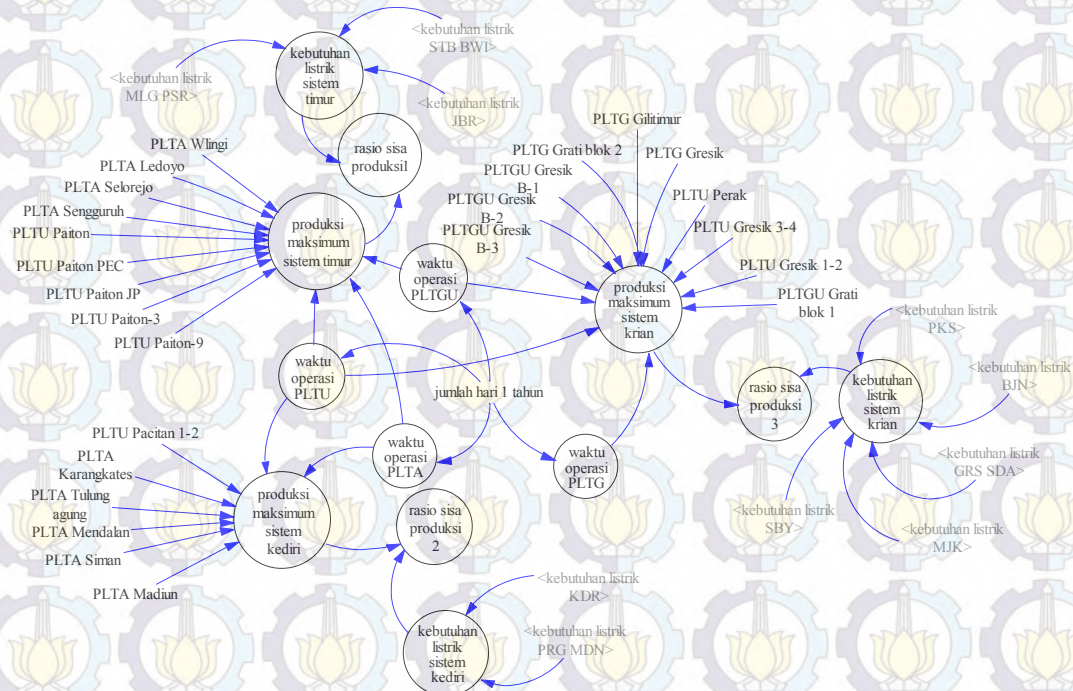




Gambar 4.5-2 Diagram Flow Area



Gambar 4.5-3 Diagram flow Pengoptimalan Kapasitas Pembangkit



Gambar 4.5-4 Diagram *flow supply* listrik pembangkit ke area

Penjelasan diagram Flow

a. **Gambar 4.5-1 Diagram Flow Kebutuhan listrik Jawa Timur dan Desain Kapasitas**

Pada diagram flow kebutuhan listrik Jawa Timur dan desain kapasitas ini menggunakan variabel jumlah rumah tangga, pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala. Variabel-variabel lain seperti tarif listrik, penggunaan peralatan listrik rumah tangga, dan *Gross Domestic Product* (GDP) yang ada pada diagram kausatik tidak tercantum dalam diagram flow ini karena variabel-variabel tersebut tidak memberikan pengaruh dalam perhitungan kebutuhan listrik. Variabel-variabel tersebut digunakan hanya untuk melihat penyebab-penyebab dari banyaknya kebutuhan listrik yang ada, sehingga memudahkan kita untuk mengetahui apa saja yang mempengaruhi banyaknya kebutuhan listrik.

Diagram flow ini menggambarkan tentang bagaimana hubungan jumlah kebutuhan listrik tiap area dan desain kapasitas pembangkit dari tahun 2001 hingga tahun 2012. Kebutuhan listrik tiap area ini terdiri dari kebutuhan listrik rumah tangga dan kebutuhan non rumah tangga, yang terdiri dari sektor komersial, publik, dan industri. Hubungan antara jumlah kebutuhan listrik tiap area dan desain kapasitas pembangkit pada diagram flow ini ditunjukkan pada variabel Rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik. Variabel rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik ini menggambarkan tentang seberapa banyak sisa kapasitas pembangkit yang masih tersedia untuk memproduksi listrik. Selain itu juga ada variabel rasio pemenuhan base model. Nilai dari variabel ini dipengaruhi oleh jumlah total produksi dan kebutuhan listrik Jawa Timur. Variabel ini menggambarkan seberapa banyak kebutuhan listrik yang berhasil dipenuhi oleh hasil produksi pembangkit.

b. Gambar 4.5-2 Diagram Flow Tiap Area

Diagram Flow ini menggambarkan bagaimana kebutuhan listrik terjadi dan nilai rasio elektrifikasinya. Diagram flow ini digunakan oleh seluruh area yang ada di Jawa Timur. Perbedaan antara area satu dengan area lainnya adalah nilai parameter dari masing-masing variabel yang ada. Nilai parameter tersebut didapatkan dari hasil rata-rata pertumbuhan variabel dari tahun 2001 hingga tahun 2012.

Kebutuhan listrik suatu daerah dipengaruhi oleh nilai daya tersambung dan jam nyala. Nilai daya tersambung didapatkan dari seberapa banyak jumlah pelanggan yang ada untuk tiap-tiap golongan tarif. Nilai Rasio elektrifikasi ini dipengaruhi oleh jumlah pelanggan rumah tangga dan jumlah rumah tangga yang ada pada daerah tersebut. Pelanggan rumah tangga merupakan rumah tangga yang berlangganan listrik pada PLN.

c. Gambar 4.5-3 Diagram flow Pengoptimalan Kapasitas Pembangkit

Pada diagram flow ini terdapat 6 variabel, yaitu produksi PLTA, produksi PLTU, produksi PLTGU, produksi PLTG, total produksi, dan rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit. Dalam diagram flow ini, variabel produksi PLTA, produksi PLTU, produksi PLTGU, dan produksi PLTG ini nilainya dipengaruhi oleh variabel <time> sehingga nantinya hasil simulasinya bisa mendekati data produksi listrik yang ada. Variabel total produksi ini nilainya sangat dipengaruhi oleh nilai produksi PLTA, produksi PLTU, produksi PLTGU, dan produksi PLTG. Seberapa banyak listrik yang dapat diproduksi akan mempengaruhi nilai rasio pengoptimalan pembangkit. Dimana semakin banyak listrik yang diproduksi, hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pembangkit semakin optimal.

d. Gambar 4.5-4 Diagram *flow supply* listrik pembangkit ke area

Diagram flow ini menggambarkan pembangkit-pembangkit mana saja yang mensuplai listrik di suatu area. Suplai area ini mengacu pada pembagian suplai pembangkit oleh PT PLN Distribusi Jawa Timur. Untuk mensuplai listrik ke area, terdapat 3 sistem yang mengatur distribusi listrik tersebut. Ketiga sistem itu adalah:

- Sistem produksi timur
Sistem ini terdiri dari pembangkit Wlingi, Ledoyo, Selorejo, Sengguruh, Paiton, Paiton PEC, Paiton JP, Paiton-3, Paiton-9, dan Grati blok 1. Sistem produksi timur ini mensuplai kebutuhan listrik untuk area Situbondo Banyuwangi dan Jember.
- Sistem produksi Kediri
Sistem ini terdiri dari pembangkit Pacitan 1-2, Karangates, Tulungagung, Mendalan, Siman, dan Madiun. Sistem produksi kediri ini mensuplai kebutuhan listrik untuk area Ponorogo Madiun dan Kediri.
- Sistem produksi Krian
Sistem ini terdiri dari pembangkit Gresik B-3, Gresik B-2, Gresik B-1, Grati blok 2, Gilitimur, Gresik, Perak, Gresik 3-4, dan Gresik 1-2. Sistem produksi krian ini mensuplai kebutuhan listrik untuk area Pamekasan, Malang Pasuruan, Bojonegoro, Gresik Sidoarjo, Mojokerto, dan Surabaya.

Pada diagram *flow* ini juga dapat terlihat rasio sisa produksi listrik yang tidak dikonsumsi oleh area di Jawa Timur, sehingga dapat terlihat area mana sajakah yang membutuhkan pembangkit tambahan untuk kebutuhan listriknya.

4.5.2 Formula pada diagram *Flow*

Sebelum menentukan persamaan dari variabel, maka diperlukan penentuan nilai parameter model. Nilai parameter model ditentukan dengan cara merata-ratakan data selama 12 tahun. Nilai parameter model tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2-1, tabel 4.2-2 dan 4.2-4. Kemudian, persamaan ditentukan berdasarkan mekanisme sistem. Berikut ini adalah persamaan secara umum yang digunakan dalam tugas akhir ini.

a. Persamaan Rate Pelanggan

Persamaan Rate pelanggan ini digunakan untuk seluruh variabel rate pelanggan di masing-masing area. Dimana perbedaan antara rate pelanggan satu dengan rate pelanggan lainnya adalah nilai parameter untuk kelompok pelanggan tersebut. Berikut ini adalah rumus umum yang digunakan untuk menghitung rate pelanggan.

$$\text{Rate pelanggan } x = y * \text{pelanggan } x$$

Keterangan:

x = nama kelompok pelanggan

y = *average rate* untuk x

Nilai dari *average rate* tiap area dapat dilihat pada Lampiran A Data Inputan.

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumusnya:

$$\text{Rate pelanggan 450 RT SBY} = -0.037 * \text{pelanggan 450 RT SBY}$$

b. Persamaan Pelanggan

Persamaan pelanggan ini digunakan untuk seluruh variabel Pelanggan di tiap-tiap area. Dimana perbedaan antara persamaan pelanggan satu area dengan area lainnya terletak pada hasil *rate pelanggan*-nya. Berikut ini adalah rumus umum yang digunakan untuk menghitung jumlah pelanggan.

Pelanggan x = rate pelanggan x ;
initial value=jumlah pelanggan x

Keterangan:

x = nama kelompok pelanggan
initial value= nilai awal pada data pelanggan x, yaitu tahun 2001.

Nilai dari *initial value* tiap area dapat dilihat pada Lampiran A Data Inputan, pada bagian jumlah pelanggan.

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumusnya:

Pelanggan 450 RT SBY = rate pelanggan 450 RT SBY;
initial value = 198092

c. Persamaan Jam Nyala

Persamaan Jam Nyala ini digunakan untuk seluruh variabel jam nyala di tiap-tiap area. Persamaan jam nyala ini sangat dipengaruhi oleh pola datanya. Oleh karena itu, persamaan jam nyala ini menggunakan IF THEN ELSE, dan RANDOM UNIFORM. Penggunaan fungsi RANDOM UNIFORM atau berdistribusi uniform karena pola data memiliki nilai kontinyu dengan kemungkinan kemunculan nilainya hampir sama dan konstan tiap tahunnya. Berikut ini adalah rumus IF THEN ELSE dan RANDOM UNIFORM.

IF THEN ELSE ({cond}, {ontrue}, {onfalse})

RANDOM UNIFORM({min}, {max}, {seed})

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumus jam nyala:

Jam nyala	IF THEN ELSE (Time=2001 : OR:Time=2002:OR:Time=2003,
-----------	---

450 RT SBY	RANDOM UNIFORM (1986, 2204, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR: Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=200 7, RANDOM UNIFORM(2579, 2782, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR: Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=201 1:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (2913, 3027, 1), RANDOM UNIFORM (1986, 3027,1))))
------------------	--

Penjelasan contoh penggunaan rumus.

Jam nyala pada tahun 2001, 2002, dan 2003, berada pada nilai antara 1986 dan 2204. Jam nyala pada tahun 2004, 2005, 2006, 2007, berada pada nilai 2579 dan 2782. Jam nyala pada tahun 2008, 2009, 2010, 2011, dan 2012 berada pada nilai 2913 dan 3027. Jadi selama 12 tahun tersebut, jam nyala berada pada nilai antara 1986 hingga 3027.

Data Jam Nyala tiap-tiap area dilihat pada Lampiran A Data Inputan.

d. Persamaan Daya Tersambung

Persamaan Daya tersambung ini digunakan untuk seluruh variabel daya tersambung di tiap-tiap area. Dimana perbedaan antara persamaan pelanggan satu area dengan area lainnya terletak pada hasil *rate pelanggan*-nya. Berikut ini adalah rumus umum yang digunakan untuk menghitung jumlah pelanggan.

$$\text{Daya tersambung 450 x} = (\text{pelanggan 450 x} * 450) / 1000000$$

$$\text{Daya tersambung 1300 x} = (\text{pelanggan 1300 x} * 1300) / 1000000$$

$$\text{Daya tersambung 2200 x} = (\text{pelanggan 2200 x} * 2200) / 1000000$$

$$\text{Daya tersambung R2 x} = (\text{pelanggan R2 x} * 4220) / 1000000$$

$$\text{Daya tersambung R3 x} = (\text{pelanggan R3 x} * 11431) / 1000000$$

Keterangan:

x = nama area

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumus daya tersambung.

$$\text{Daya tersambung 450 RT SBY} = \text{Pelanggan 450 RT SBY} * 450 / 1000000$$

e. Persamaan Rasio Elektrifikasi

Rasio elektrifikasi merupakan perbandingan antara banyaknya penduduk yang menikmati listrik dengan jumlah penduduk yang ada pada suatu daerah (PT. PLN (Persero), 2013). Persamaan rasio elektrifikasi ini digunakan untuk seluruh variabel rasio elektrifikasi di tiap-tiap area. Berikut ini adalah rumus umum yang digunakan untuk menghitung rasio elektrifikasi.

$$\text{Rasio elektrifikasi x} = \text{total pelanggan x} / \text{jumlah RT x}$$

Keterangan:

X = nama area

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumus rasio elektrifikasi.

$$\text{Ratio elektrifikasi RT SBY} = \text{total pelanggan RT SBY} / \text{jumlah RT SBY}$$

f. Persamaan Kebutuhan Listrik

Variabel Kebutuhan listrik sangat bergantung dengan nilai variabel daya tersambung dan variabel dan jam nyala. Dimana persamaan kebutuhan listrik ini digunakan untuk seluruh variabel kebutuhan listrik RT di tiap-tiap area. Berikut ini adalah persamaan umum yang digunakan untuk menghitung kebutuhan listrik.

$$\text{Kebutuhan listrik } x = \text{daya tersambung } x * \text{jam nyala } x$$

Keterangan:

x = jenis kelompok pelanggan pada suatu area

Berikut ini adalah contoh penggunaan persamaan kebutuhan listrik:

$$\text{Kebutuhan listrik 450 RT SBY} = \text{daya tersambung 450 RT SBY} * \text{jam nyala 450 RT SBY}$$

g. Persamaan produksi listrik oleh Pembangkit

Persamaan produksi listrik ini digunakan oleh seluruh jenis pembangkit yang ada seperti PLTA, PLTU, PLTGU, dan PLTG. Persamaan produksi listrik ini sangat dipengaruhi oleh pola datanya. Oleh karena itu, persamaan produksi listrik ini menggunakan fungsi IF THEN ELSE, dan RANDOM UNIFORM. Penggunaan fungsi RANDOM UNIFORM atau berdistribusi uniform karena pola data memiliki nilai kontinyu dengan kemungkinan kemunculan nilainya hampir sama dan konstan tiap tahunnya. Berikut ini adalah rumus IF THEN ELSE dan RANDOM UNIFORM.

$$\begin{aligned} &\text{IF THEN ELSE} (\{cond\}, \{ontrue\}, \{onfalse\}) \\ &\text{RANDOM UNIFORM}(\{min\}, \{max\}, \{seed\}) \end{aligned}$$

Berikut ini adalah contoh penggunaan rumus jam nyala:

Produksi PLTA	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR: Time=2004, RANDOM UNIFORM (2.898e+006, 2.166e+006,1), IF THEN ELSE (Time=2002:OR: Time=2005 :OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR: Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (2.229e+006, 2.489e+006, 1), IF THEN ELSE (Time=2003:OR: Time=2006, RANDOM UNIFORM (1.918e+006, 1.939e+006, 1), RANDOM UNIFORM (1.918e+006, 3.972e+006,1))))
------------------	--

Penjelasan contoh penggunaan rumus.

Produksi PLTA pada tahun 2001 dan 2004, berada pada nilai antara 2.898e+006 dan 2.166e+006. Produksi PLTA pada tahun 2002, 2005, 2008, 2009, 2011, dan 2012 berada pada nilai 2.229e+006 dan 2.489e+006. Produksi PLTA pada tahun 2003 dan 2006 berada pada nilai 1.918e+006 dan 1.939e+006. Jadi selama 12 tahun tersebut, produksi PLTA berada pada nilai antara 1.918e+006 hingga 3.972e+006.

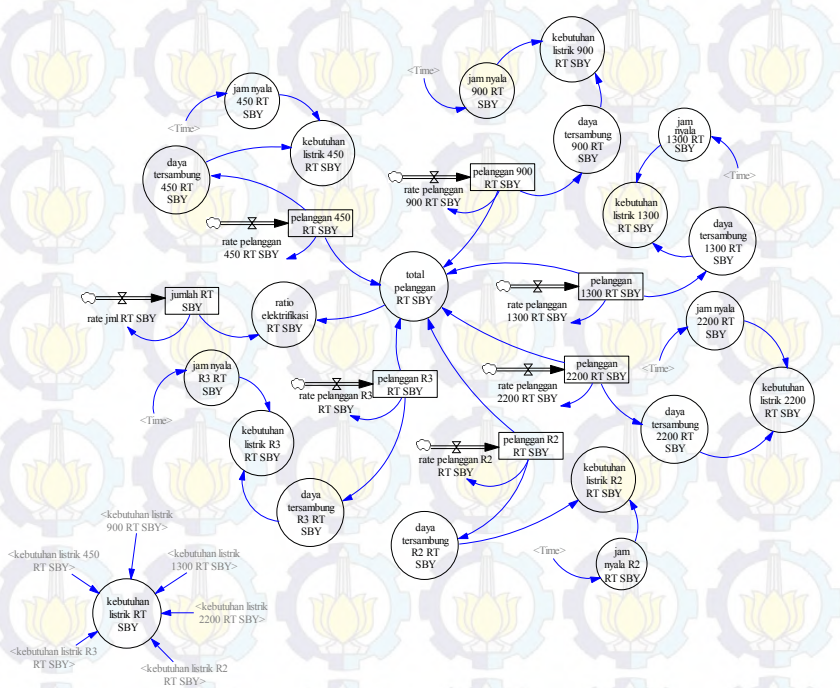
Data Produksi listrik tiap pembangkit dapat dilihat pada Lampiran A Data Inputan, tabel A.11-1

Berikut ini adalah formula (persamaan) yang ada pada tiap-tiap sub model diagram *flow*.

4.5.2.1 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Surabaya

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di

Surabaya. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Surabaya.



Gambar 4.5-5 Sub-Model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Surabaya

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-5 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.1 Surabaya). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.5—1 Persamaan Sub-Model Kebutuhan Listrik Sektor
Rumah Tangga Surabaya**

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT SBY	$-0.037 * \text{pelanggan 450 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT SBY	rate pelanggan 450 RT SBY	198092	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT SBY	$(\text{pelanggan 450 RT SBY} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1986, 2204, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(2579, 2782, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(2913, 3027, 1), RANDOM UNIFORM(1986, 3027, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 450 RT SBY	$\text{daya tersambung 450 RT SBY} * \text{jam nyala 450 RT SBY}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 900 RT SBY	$0.049 * \text{pelanggan 900 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT SBY	rate pelanggan 900 RT SBY	206264	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT SBY	$(\text{pelanggan 900 RT SBY} * 900) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1530, 1563, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1709, 1909, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(2005, 2069, 1), RANDOM UNIFORM(1530, 2069, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 900 RT SBY	$\text{daya tersambung 900 RT SBY} * \text{jam nyala 900 RT SBY}$	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan	$0.052 * \text{pelanggan 1300 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
1300 RT SBY			
Pelanggan 1300 RT SBY	rate pelanggan 1300 RT SBY	108904	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT SBY	(pelanggan 1300 RT SBY*1300)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR:Time=2002:OR:Time =2003, RANDOM UNIFORM(1277, 1297, 1), IF THEN ELSE (Time=2004 :OR:Time=2005:OR:Time =2006:OR:Time=2007:OR :Time=2008, RANDOM UNIFORM(1622, 1743, 1), IF THEN ELSE (Time=2009 :OR:Time=2010:OR:Time =2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (1841, 1963, 1), RANDOM UNIFORM(1277, 1963,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 1300 RT SBY	daya tersambung 1300 RT SBY*jam nyala 1300 RT SBY	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 2200 RT SBY	$0.044 * \text{pelanggan 2200 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT SBY	rate pelanggan 2200 RT SBY	60175	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT SBY	$(\text{pelanggan 2200 RT SBY} * 2200) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1469, 1485, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1687, 1796, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1857, 1934, 1), RANDOM UNIFORM(1469, 1934,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 2200 RT SBY	daya tersambung 2200 RT SBY*jam nyala 2200 RT SBY	-	Halaman 64 poin f

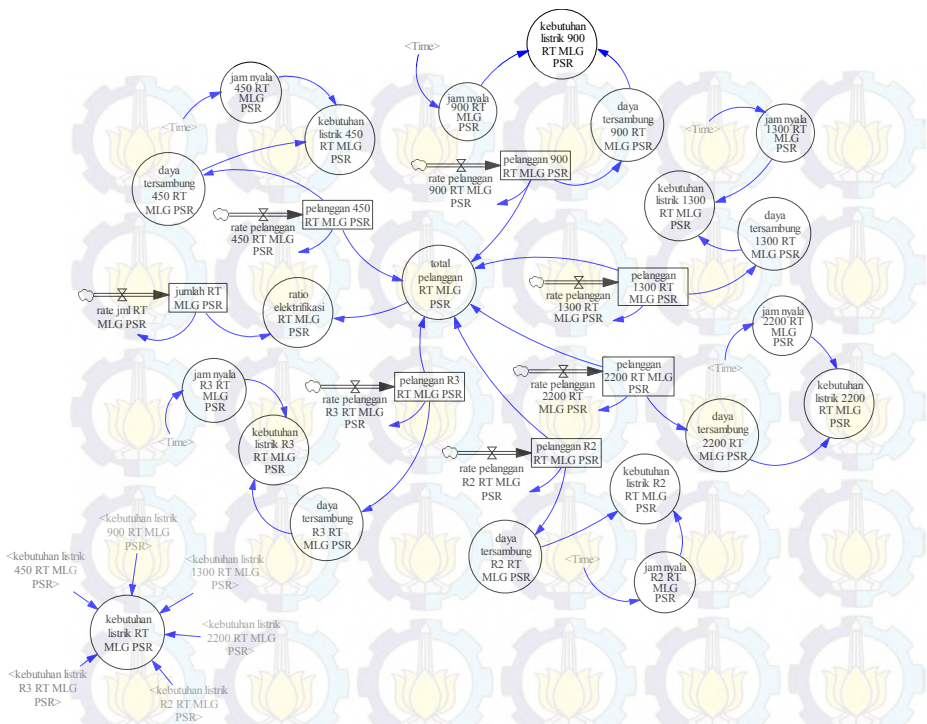
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan R2 RT SBY	$0.053 * \text{pelanggan R2 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT SBY	rate pelanggan R2 RT SBY	27841	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT SBY	$(\text{pelanggan R2 RT SBY} * 4220) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1667, 1498, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1692, 1793, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1991, 1796, 1), RANDOM UNIFORM(1498, 1991,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R2 RT SBY	$\text{daya tersambung R2 RT SBY} * \text{jam nyala R2 RT SBY}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan R3 RT SBY	$0.098 * \text{pelanggan R3 RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT SBY	rate pelanggan R3 RT SBY	4825	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT SBY	$(\text{pelanggan R3 RT SBY} * 11431) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT SBY	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1564, 1414, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR: Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1548, 1604, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR: Time=2012, RANDOM UNIFORM(1144, 1453, 1), RANDOM UNIFORM(1144, 1611,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R3 RT SBY	$\text{daya tersambung R3 RT SBY} * \text{jam nyala R3 RT SBY}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Total pelanggan RT SBY	pelanggan 450 RT SBY+pelanggan 900 RT SBY+pelanggan 1300 RT SBY+pelanggan 2200 RT SBY+pelanggan R2 RT SBY+pelanggan R3 RT SBY	-	-
Rate jml RT SBY	$0.015 * \text{jumlah RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT SBY	rate jml RT SBY	787680	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT SBY	total pelanggan RT SBY/jumlah RT SBY	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT SBY	kebutuhan listrik 450 RT SBY+kebutuhan listrik 900 RT SBY+kebutuhan listrik 1300 RT SBY+kebutuhan listrik 2200 RT SBY+kebutuhan listrik R2 RT SBY+kebutuhan listrik R3 RT RT SBY	-	-

4.5.2.2 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Malang Pasuruan

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Malang Pasuruan. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Malang Pasuruan.



Gambar 4.5-6 diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga malang pasuruan

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-6 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.2 Malang Pasuruan). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—2 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik rumah tangga malang pasuruan

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT MLG PSR	$-0.0029 * \text{pelanggan 450 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT MLG PSR	rate pelanggan 450 RT MLG PSR	662308	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan 450 RT MLG PSR} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1472, 1655, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1703, 1984, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1942, 1911, 1), RANDOM UNIFORM(1472, 1972,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 450 RT MLG PSR	$\text{daya tersambung 450 RT MLG PSR} * \text{jam nyala 450 RT MLG PSR}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 900 RT MLG PSR	$0.08 * \text{pelanggan 900 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT MLG PSR	rate pelanggan 900 RT MLG PSR	217023	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan 900 RT MLG PSR} * 900) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(989, 1054, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1174, 1321, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1257, 1330, 1), RANDOM UNIFORM(989, 1330,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 900 RT MLG PSR	$\text{daya tersambung 900 RT MLG PSR} * \text{jam nyala 900 RT MLG PSR}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 1300 RT MLG PSR	$0.0478 * \text{pelanggan 1300 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT MLG PSR	rate pelanggan 1300 RT MLG PSR	57504	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan 1300 RT MLG PSR} * 1300) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(923, 960, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1196, 1264, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1300, 1353, 1), RANDOM UNIFORM(923, 1353,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 1300 RT MLG PSR	daya tersambung 1300 RT MLG PSR*jam nyala 1300 RT MLG PSR	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 2200 RT MLG PSR	$0.075 * \text{pelanggan 2200 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT MLG PSR	rate pelanggan 2200 RT MLG PSR	13998	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan 2200 RT MLG PSR} * 2200) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1093, 1159, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1314, 1427, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1400, 1441, 1), RANDOM UNIFORM(1093, 1441,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 2200 RT MLG PSR	$\text{daya tersambung 2200 RT MLG PSR} * \text{jam nyala 2200 RT MLG PSR}$	-	Halaman 64 poin f

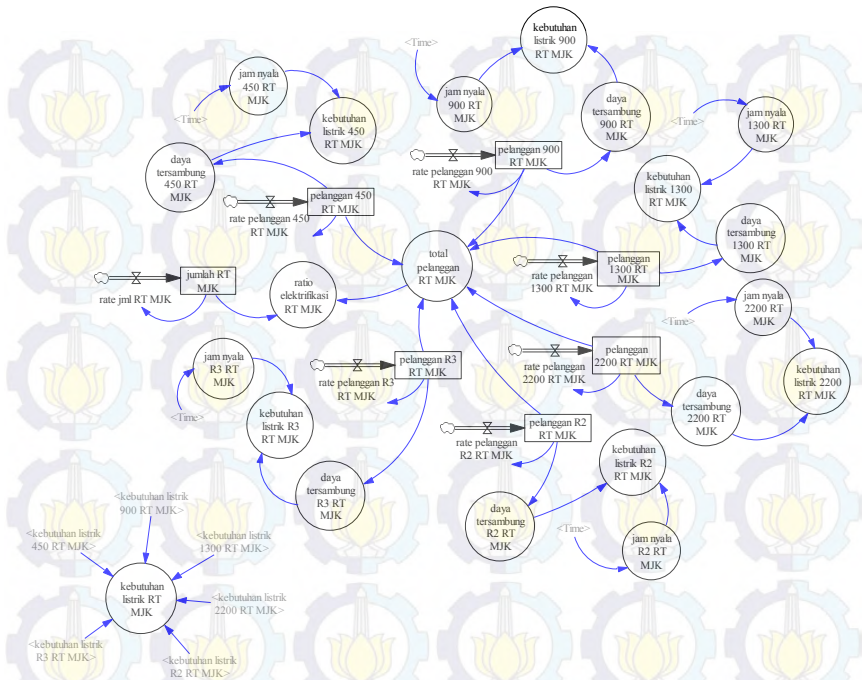
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan R2 RT MLG PSR	$0.066 * \text{pelanggan R2 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT MLG PSR	rate pelanggan R2 RT MLG PSR	3937	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan R2 RT MLG PSR} * 4220) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1131, 1080, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1208, 1293, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1314, 1399, 1), RANDOM UNIFORM(1108, 1399,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R2 RT MLG PSR	$\text{daya tersambung R2 RT MLG PSR} * \text{jam nyala R2 RT MLG PSR}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan R3 RT MLG PSR	$0.148 * \text{pelanggan R3 RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT MLG PSR	rate pelanggan R3 RT MLG PSR	340	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT MLG PSR	$(\text{pelanggan R3 RT MLG PSR} * 11431) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT MLG PSR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(2092, 1776, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1861, 1700, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1401, 1297, 1), RANDOM UNIFORM(1239, 2092, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R3 RT MLG PSR	$\text{daya tersambung R3 RT MLG PSR} * \text{jam nyala R3 RT MLG PSR}$	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT MLG PSR	$\text{pelanggan 450 RT MLG PSR} + \text{pelanggan 900 RT}$	-	-

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	MLG PSR+pelanggan 1300 RT MLG PSR+pelanggan 2200 RT MLG PSR+pelanggan R2 RT MLG PSR+pelanggan R3 RT MLG PSR		
Rate jml RT MLG PSR	$0.015 * \text{jumlah RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT MLG PSR	$\text{rate jml RT MLG PSR}$	1.5002 8e+006	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT MLG PSR	$\frac{\text{total pelanggan RT MLG PSR}}{\text{jumlah RT MLG PSR}}$	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT MLG PSR	kebutuhan listrik 450 RT MLG PSR+kebutuhan listrik 900 RT MLG PSR+kebutuhan listrik 1300 RT MLG PSR+kebutuhan listrik 2200 RT MLG PSR+kebutuhan listrik R2 RT MLG PSR+kebutuhan listrik R3 RT MLG PSR	-	-

4.5.2.3 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Mojokerto

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Mojokerto. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Mojokerto.



Gambar 4.5-7 Diagram flow kebutuhan listrik sektor rumah tangga Mojokerto

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-7 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.3 Mojokerto). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—3 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik rumah tangga Mojokerto

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Rate pelanggan 450 RT MJK	$0.005 * \text{pelanggan 450 RT MJK}$	-	
Pelanggan 450 RT MJK	rate pelanggan 450 RT MJK	486877	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 450 RT MJK	$(\text{pelanggan 450 RT MJK} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 450 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1298, 1407, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR: Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1598, 1822, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR: Time=2012, RANDOM UNIFORM(2005, 1981, 1), RANDOM UNIFORM(1298, 2034,1))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik 450 RT MJK	daya tersambung 450 RT MJK*jam nyala 450 RT MJK	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Rate pelanggan 900 RT MJK	$0.117 * \text{pelanggan 900 RT MJK}$	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan 900 RT MJK	rate pelanggan 900 RT MJK	87146	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 900 RT MJK	$(\text{pelanggan 900 RT MJK} * 900) / 1e+006$	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 900 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(891, 968, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR: Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1048, 1207, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR: Time=2012, RANDOM UNIFORM(1222, 1281, 1), RANDOM UNIFORM(891, 1281,1))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik 900 RT MJK	daya tersambung 900 RT MJK*jam nyala 900 RT MJK	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Rate pelanggan 1300 RT MJK	daya tersambung 900 RT MJK*jam nyala 900 RT MJK	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan 1300 RT MJK	rate pelanggan 1300 RT MJK	16884	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 1300 RT MJK	(pelanggan 1300 RT MJK*1300)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 1300 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(856, 963, 1), IF THEN ELSE(Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1176, 1430, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1506, 1597, 1), RANDOM UNIFORM(856, 1597, 1))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik 1300 RT MJK	daya tersambung 1300 RT MJK*jam nyala 1300 RT MJK	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan 2200 RT MJK	0.102*pelanggan 2200 RT MJK	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Pelanggan 2200 RT MJK	rate pelanggan 2200 RT MJK	2807	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 2200 RT MJK	(pelanggan 2200 RT MJK*2200)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 2200 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1119, 1197, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1354, 1481, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1574, 1521, 1), RANDOM UNIFORM(1119, 1606,1))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik 2200 RT MJK	daya tersambung 2200 RT MJK*jam nyala 2200 RT MJK	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan R2 RT MJK	0.11*pelanggan R2 RT MJK	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan R2 RT MJK	rate pelanggan R2 RT MJK	632	Halaman 60 poin a

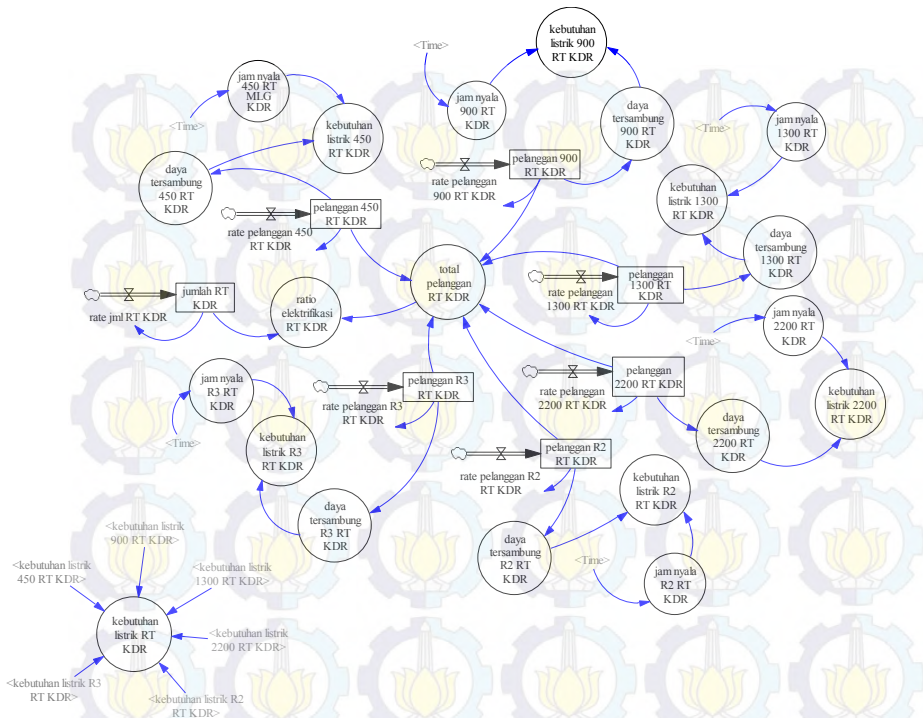
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Daya tersambung R2 RT MJK	(pelanggan R2 RT MJK*4220)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala R2 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2005, RANDOM UNIFORM(1129, 1228, 1), IF THEN ELSE (Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1253, 1445, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1478, 1381, 1), RANDOM UNIFORM(1129, 1478,1))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik R2 RT MJK	daya tersambung R2 RT MJK*jam nyala R2 RT MJK	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan R3 RT MJK	0.1*pelanggan R3 RT MJK	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan R3 RT MJK	rate pelanggan R3 RT MJK	76	Halaman 60 poin a
Daya tersambung R3 RT MJK	(pelanggan R3 RT MJK*11431)/1e+006	-	Halaman 60 poin b

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Jam nyala R3 RT MJK	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1151, 1056, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1303, 1173, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1065, 995,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1226, 1065, 1), RANDOM UNIFORM(995, 1303, 1))))))	-	Halaman 62 poin d
Kebutuhan listrik R3 RT MJK	daya tersambung R3 RT MJK*jam nyala R3 RT MJK	-	Halaman 61 poin c
Total pelanggan RT MJK	pelanggan 450 RT MJK+pelanggan 900 RT MJK+pelanggan 1300 RT MJK+pelanggan 2200 RT MJK+pelanggan R2 RT MJK+pelanggan R3 RT MJK	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelsan persamaan
Rate jml RT MJK	$0.0078 * \text{jumlah RT MJK}$	-	-
Jumlah RT MJK	rate jml RT MJK	838029	Halaman 60 poin a
Ratio elektrifikasi RT MJK	$\frac{\text{total pelanggan RT MJK}}{\text{jumlah RT MJK}}$	-	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik RT MJK	kebutuhan listrik 450 RT MJK+kebutuhan listrik 900 RT MJK+kebutuhan listrik 1300 RT MJK+kebutuhan listrik 2200 RT MJK+kebutuhan listrik R2 RT MJK+kebutuhan listrik R3 RT MJK	-	Halaman 63 poin e

4.5.2.4 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Kediri

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Kediri. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Kediri.



Gambar 4.5-8 Submodel kebutuhan listrik sektor rumah tangga Kediri

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-8 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.4 Kediri). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—4 Persamaan pada submodel kebutuhan listrik sektor rumah tangga Kediri

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT KDR	$-0.0048 * \text{pelanggan 450 RT KDR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT KDR	rate pelanggan 450 RT KDR	461392	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT KDR	$(\text{pelanggan 450 RT KDR} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1482, 1521, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1584, 1760, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1830, 1816, 1), RANDOM UNIFORM(1482, 1830,1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 450 RT KDR	daya tersambung 450 RT KDR*jam nyala 450 RT MLG KDR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 900 RT KDR	0.092*pelanggan 900 RT KDR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT KDR	rate pelanggan 900 RT KDR	135771	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT KDR	(pelanggan 900 RT KDR*900)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1037, 1058, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1081, 1173, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1203, 1249, 1), RANDOM UNIFORM(1037, 1249,1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 900 RT KDR	daya tersambung 900 RT KDR*jam nyala 900 RT KDR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 1300 RT KDR	$0.067 * \text{pelanggan 1300 RT KDR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT KDR	rate pelanggan 1300 RT KDR	15153	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT KDR	$(\text{pelanggan 1300 RT KDR} * 1300) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2005, RANDOM UNIFORM(1310, 1400, 1), IF THEN ELSE(Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1405, 1545, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1605, 1575, 1), RANDOM UNIFORM(1310, 1605,1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 1300 RT KDR	daya tersambung 1300 RT KDR*jam nyala 1300 RT KDR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT KDR	$0.128 * \text{pelanggan} \cdot 2200 \text{ RT KDR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT KDR	rate pelanggan 2200 RT KDR	3330	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT KDR	$(\text{pelanggan} \cdot 2200 \text{ RT KDR} * 2200) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1465, 1468, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1448, 1512, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1489, 1541, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1583,1419,1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

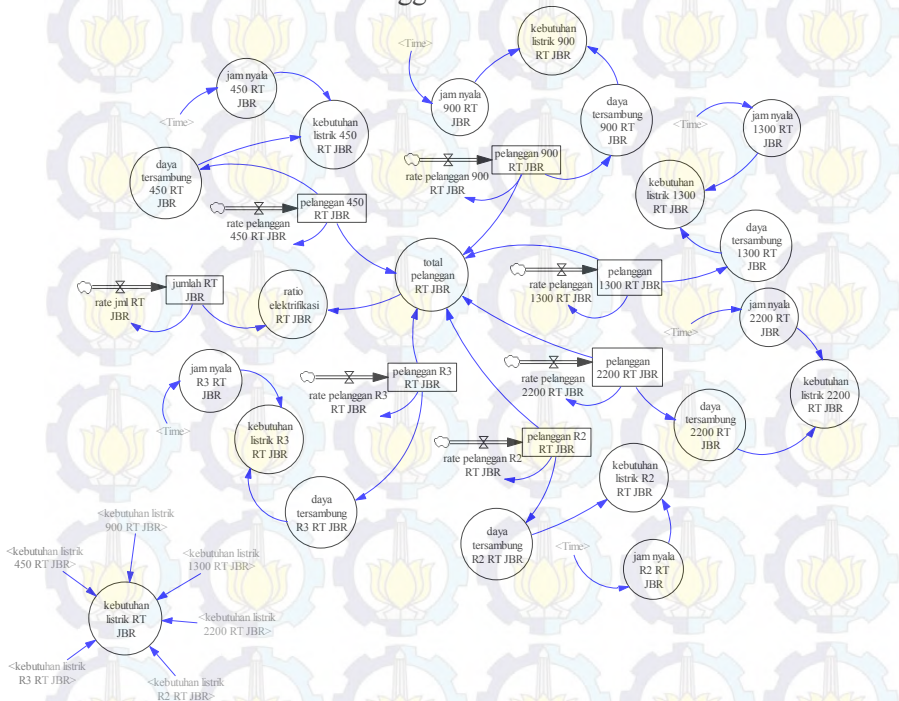
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1419, 1583,1))))))		
Kebutuhan listrik 2200 RT KDR	daya tersambung 2200 RT KDR*jam nyala 2200 RT KDR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT KDR	0.108*pelanggan R2 RT KDR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT KDR	rate pelanggan R2 RT KDR	843	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT KDR	(pelanggan R2 RT KDR*4220)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002, RANDOM UNIFORM(1286, 1298, 1), IF THEN ELSE (Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2005, RANDOM UNIFORM(1438, 1411, 1), IF THEN ELSE (Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1336, 1342, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:O R: Time=2012, RANDOM UNIFORM(1446, 1433,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	1), RANDOM UNIFORM(1286, 1446,1))))))		
Kebutuhan listrik R2 RT KDR	daya tersambung R2 RT KDR*jam nyala R2 RT KDR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT KDR	0.178*pelanggan R3 RT KDR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT KDR	rate pelanggan R3 RT KDR	61	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT KDR	(pelanggan R3 RT KDR*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT KDR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(2080, 1864, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1936, 1630, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1346, 1428, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1311, 1428, 1))))		
Kebutuhan listrik R3 RT KDR	daya tersambung R3 RT KDR*jam nyala R3 RT KDR	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT KDR	pelanggan 450 RT KDR+pelanggan 900 RT KDR+pelanggan 1300 RT KDR+pelanggan 2200 RT KDR+pelanggan R2 RT KDR+pelanggan R3 RT KDR	-	-
Rate jml RT KDR	0.0035*jumlah RT KDR	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT KDR	rate jml RT KDR	1.0381 5e+006	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT KDR	total pelanggan RT KDR/jumlah RT KDR	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT KDR	kebutuhan listrik 450 RT KDR+kebutuhan listrik 900 RT KDR+kebutuhan listrik 1300 RT KDR+kebutuhan listrik 2200 RT KDR+kebutuhan listrik R2 RT KDR+kebutuhan listrik R3 RT KDR	-	-

4.5.2.5 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Jember

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Jember. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Jember.



Gambar 4.5-9 diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Jember

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-9 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil

analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.5 Jember).
Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—5 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Jember

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT JBR	$0.034 * \text{pelanggan 450 RT JBR}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT JBR	rate pelanggan 450 RT JBR	247101	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT JBR	$(\text{pelanggan 450 RT JBR} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1690, 1661, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1801, 1889, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1912, 1592, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1661, 1912, 1))))		
Kebutuhan listrik 450 RT JBR	daya tersambung 450 RT JBR*jam nyala 450 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 900 RT JBR	0.093*pelanggan 900 RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT JBR	rate pelanggan 900 RT JBR	82689	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT JBR	(pelanggan 900 RT JBR*900)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1131, 1112, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1156, 1292, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1366, 1272, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1112, 1366,1))))		
Kebutuhan listrik 900 RT JBR	daya tersambung 900 RT JBR*jam nyala 900 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 1300 RT JBR	0.0142*pelanggan 1300 RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT JBR	rate pelanggan 1300 RT JBR	20483	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT JBR	(pelanggan 1300 RT JBR*1300)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1340, 1363, 1), IF THEN ELSE(Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(1310, 1462, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1550, 1476,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	1), RANDOM UNIFORM(1050, 1567, 1))))		
Kebutuhan listrik 1300 RT JBR	daya tersambung 1300 RT JBR*jam nyala 1300 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT JBR	0.068*pelanggan 2200 RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT JBR	rate pelanggan 2200 RT JBR	3614	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT JBR	(pelanggan 2200 RT JBR*2200)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1491, 1509, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1671, 1751, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM(1695, 1485, 1), RANDOM UNIFORM(1485, 1751,1))))		
Kebutuhan listrik 2200 RT JBR	daya tersambung 2200 RT JBR*jam nyala 2200 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT JBR	0.115*pelanggan R2 RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT JBR	rate pelanggan R2 RT JBR	689	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT JBR	(pelanggan R2 RT JBR*4220)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1258, 1429, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1488, 1571, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1663, 1538,	-	Halaman 61 poin c

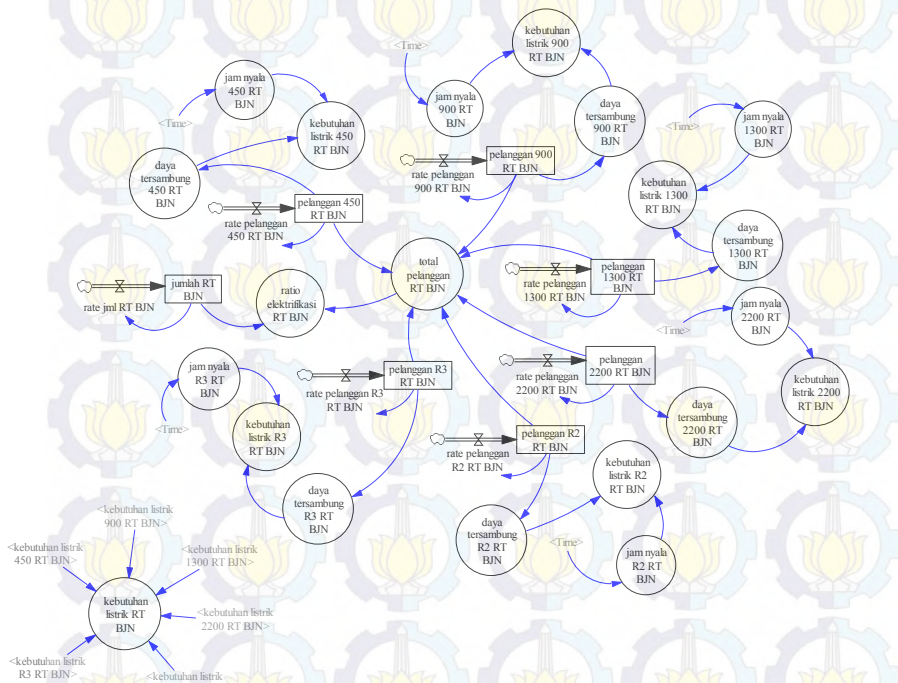
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	1), RANDOM UNIFORM(1258, 1663,1))))		
Kebutuhan listrik R2 RT JBR	daya tersambung R2 RT JBR*jam nyala R2 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT JBR	0.114*pelanggan R3 RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT JBR	rate pelanggan R3 RT JBR	46	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT JBR	(pelanggan R3 RT JBR*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT JBR	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1646, 1467, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1418, 1109, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1206, 1034, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1034, 1646, 1))))		
Kebutuhan listrik R3 RT JBR	daya tersambung R3 RT JBR*jam nyala R3 RT JBR	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT JBR	pelanggan 450 RT JBR+pelanggan 900 RT JBR+pelanggan 1300 RT JBR+pelanggan 2200 RT JBR+pelanggan R2 RT JBR+pelanggan R3 RT JBR	-	-
Rate jml RT JBR	0.01*jumlah RT JBR	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT JBR	rate jml RT JBR	808516	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT JBR	total pelanggan RT JBR/jumlah RT JBR	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT JBR	kebutuhan listrik 450 RT JBR+kebutuhan listrik 900 RT JBR+kebutuhan listrik 1300 RT JBR+kebutuhan listrik 2200 RT JBR+kebutuhan listrik R2 RT JBR+kebutuhan listrik R3 RT JBR	-	-

4.5.2.6 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Bojonegoro

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala

untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Bojonegoro. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Bojonegoro.



Gambar 4.5-10 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Bojonegoro

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-10 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.6 Bojonegoro). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—6 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Bojonegoro

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT BJN	$0.01 * \text{pelanggan 450 RT BJN}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT BJN	rate pelanggan 450 RT BJN	364910	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT BJN	$(\text{pelanggan 450 RT BJN} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT BJN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1196, 1284, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(1428, 1568, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1647, 1731, 1), RANDOM UNIFORM(1196, 1731, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 450 RT BJN	$\text{daya tersambung 450 RT BJN} * \text{jam nyala 450 RT BJN}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 900 RT BJN	$0.097 * \text{pelanggan 900 RT BJN}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT BJN	rate pelanggan 900 RT BJN	81148	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT BJN	$(\text{pelanggan 900 RT BJN} * 900) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT BJN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1042, 1129, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1168, 1213, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1254, 1290, 1), RANDOM UNIFORM(1041, 1290, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 900 RT BJN	$\text{daya tersambung 900 RT BJN} * \text{jam nyala 900 RT BJN}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 1300 RT BBN	$0.0477 * \text{pelanggan 1300 RT BBN}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT BBN	rate pelanggan 1300 RT BBN	10965	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT BBN	$(\text{pelanggan 1300 RT BBN} * 1300) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT BBN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1300, 1411, 1), IF THEN ELSE(Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1537, 1652, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1719, 1646, 1), RANDOM UNIFORM(1300, 1758, 1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 1300 RT BJN	daya tersambung 1300 RT BJN*jam nyala 1300 RT BJN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT BJN	0.1066*pelanggan 2200 RT BJN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT BJN	rate pelanggan 2200 RT BJN	2257	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT BJN	(pelanggan 2200 RT BJN*2200)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT BJN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1576, 1568, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1735, 1695, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1767, 1613, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(1552, 1767,1))))		
Kebutuhan listrik 2200 RT BJN	daya tersambung 2200 RT BJN*jam nyala 2200 RT BJN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT BJN	0.1098*pelanggan R2 RT BJN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT BJN	rate pelanggan R2 RT BJN	483	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT BJN	(pelanggan R2 RT BJN*4220)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT BJN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1445, 1451, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1665, 1583, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1637, 1617, 1), RANDOM UNIFORM(1414, 1707,1))))	-	Halaman 61 poin c

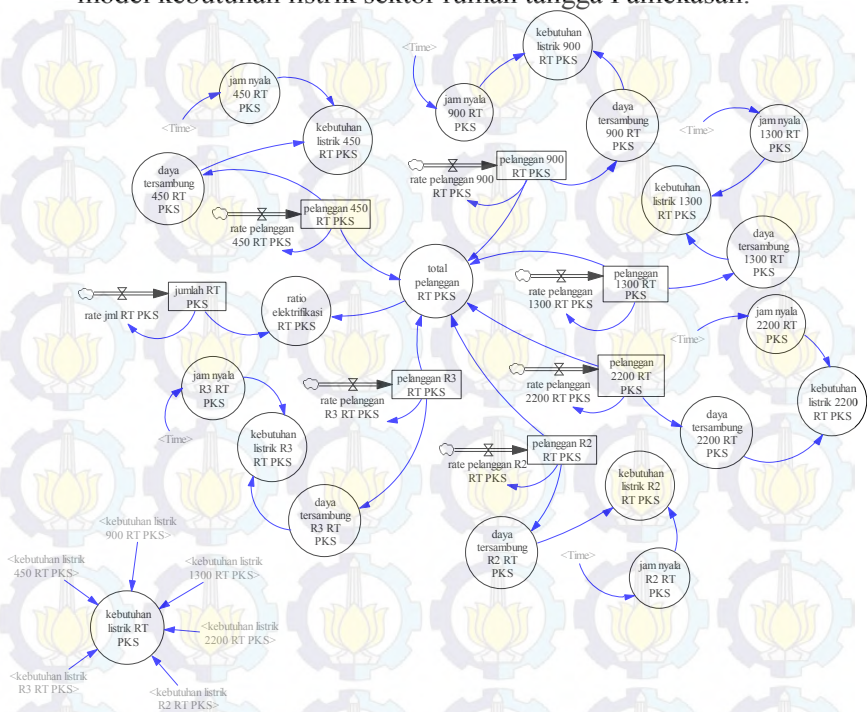
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik R2 RT BJN	daya tersambung R2 RT BJN*jam nyala R2 RT BJN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT BJN	0.19*pelanggan R3 RT BJN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT BJN	rate pelanggan R3 RT BJN	29	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT BJN	(pelanggan R3 RT BJN*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT BJN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(2219, 2187, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1939, 1820, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1298, 1221, 1), RANDOM UNIFORM(1033, 2219,1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik R3 RT BJB	daya tersambung R3 RT BJB*jam nyala R3 RT BJB	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT BJB	pelanggan 450 RT BJB+pelanggan 900 RT BJB+pelanggan 1300 RT BJB+pelanggan 2200 RT BJB+pelanggan R2 RT BJB+pelanggan R3 RT BJB	-	-
Rate jml RT BJB	$0.00123 * \text{jumlah RT BJB}$	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT BJB	rate jml RT BJB	930800	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT BJB	$\frac{\text{total pelanggan RT BJB}}{\text{jumlah RT BJB}}$	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT BJB	kebutuhan listrik 450 RT BJB+kebutuhan listrik 900 RT BJB+kebutuhan listrik 1300 RT BJB+kebutuhan listrik 2200 RT BJB+kebutuhan listrik R2 RT BJB+kebutuhan listrik R3 RT BJB	-	-

4.5.2.7 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Pamekasan

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di

Pamekasan. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Pamekasan.



Gambar 4.5-11 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Pamekasan

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-11 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.7 Pamekasan). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—7 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Pamekasan

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT PKS	$0.00691 * \text{pelanggan 450 RT PKS}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT PKS	rate pelanggan 450 RT PKS	233027	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT PKS	$(\text{pelanggan 450 RT PKS} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002 :OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1328, 1425, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005 :OR: Time=2006:OR:Time=2007: OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1595, 1748, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011 :OR: Time=2012, RANDOM UNIFORM(1647, 1785, 1), RANDOM UNIFORM(1328, 1859, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 450 RT PKS	$\text{daya tersambung 450 RT PKS} * \text{jam nyala 450 RT PKS}$	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 900 RT PKS	$0.1065 * \text{pelanggan 900 RT PKS}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT PKS	rate pelanggan 900 RT PKS	62898	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT PKS	$(\text{pelanggan 900 RT PKS} * 900) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(986, 1050, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1104, 1214, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1154, 1304, 1), RANDOM UNIFORM(986, 1304, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 900 RT PKS	daya tersambung 900 RT PKS * jam nyala 900 RT PKS	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 1300 RT PKS	$0.036 * \text{pelanggan 1300 RT PKS}$	-	Halaman 60 poin a

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Pelanggan 1300 RT PKS	rate pelanggan 1300 RT PKS	12281	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT PKS	(pelanggan 1300 RT PKS*1300)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1092, 1185, 1), IF THEN ELSE(Time=2004:OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(1338, 1544, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1608, 1721, 1), RANDOM UNIFORM(1092, 1721, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 1300 RT PKS	daya tersambung 1300 RT PKS*jam nyala 1300 RT PKS	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT PKS	0.092*pelanggan 2200 RT PKS	-	Halaman 60 poin a

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Pelanggan 2200 RT PKS	rate pelanggan 2200 RT PKS	1588	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT PKS	(pelanggan 2200 RT PKS*2200)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002 :OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1510, 1530, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005 :OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1572, 1602, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008 :OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1703, 1729,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011 :OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1676, 1618, 1), RANDOM UNIFORM(1510, 1676,1))))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 2200 RT PKS	daya tersambung 2200 RT PKS*jam nyala 2200 RT PKS	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT PKS	0.089*pelanggan R2 RT PKS	-	Halaman 60 poin a

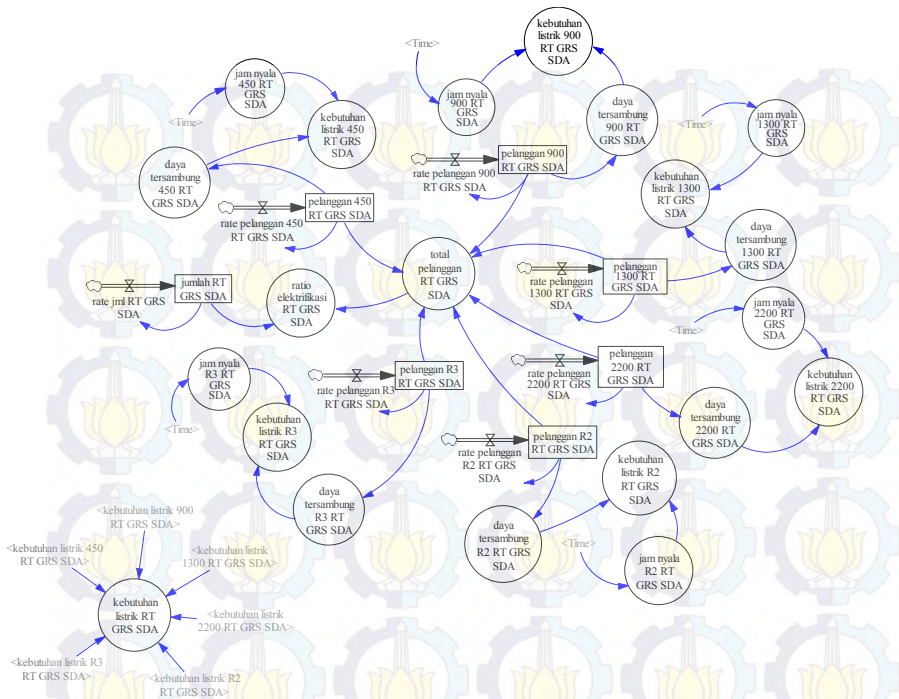
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Pelanggan R2 RT PKS	rate pelanggan R2 RT PKS	347	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT PKS	(pelanggan R2 RT PKS*4220)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002 :OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1348, 1265, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005 :OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(1524, 1566, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009 :OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1492, 1518, 1), RANDOM UNIFORM(1348, 1566,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R2 RT PKS	daya tersambung R2 RT PKS*jam nyala R2 RT PKS	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT PKS	0.236*pelanggan R3 RT PKS	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT PKS	rate pelanggan R3 RT PKS	11	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT PKS	(pelanggan R3 RT PKS*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Jam nyala R3 RT PKS	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(1601, 1388, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1550, 1360, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1479, 1290,1), RANDOM UNIFORM(1290, 1601,1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R3 RT PKS	daya tersambung R3 RT PKS*jam nyala R3 RT PKS	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT PKS	pelanggan 450 RT PKS+pelanggan 900 RT PKS+pelanggan 1300 RT PKS+pelanggan 2200 RT PKS+pelanggan R2 RT PKS+pelanggan R3 RT PKS	-	-
Rate jml RT PKS	0.009*jumlah RT PKS	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT PKS	rate jml RT PKS	886299	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT PKS	total pelanggan RT PKS/jumlah RT PKS	-	Halaman 63 poin e

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik RT PKS	kebutuhan listrik 450 RT PKS+kebutuhan listrik 900 RT PKS+kebutuhan listrik 1300 RT PKS+kebutuhan listrik 2200 RT PKS+kebutuhan listrik R2 RT PKS+kebutuhan listrik R3 RT PKS	-	-

4.5.2.8 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Gresik Sidoarjo

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Gresik Sidoarjo. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Gresik Sidoarjo.



Gambar 4.5-12 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Sidoarjo Gresik

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-12 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.8 Sidoarjo Gresik). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.5—8 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga
Sidoarjo Gresik**

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT GRS SDA	$-0.005 * \text{pelanggan 450 RT GRS SDA}$	-	
Pelanggan 450 RT GRS SDA	rate pelanggan 450 RT GRS SDA	245180	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 450 RT GRS SDA	$(\text{pelanggan 450 RT GRS SDA} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 450 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1633, 1740, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR: Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1931, 2102, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:O R: Time=2012, RANDOM UNIFORM(2220, 2293, 1), RANDOM UNIFORM(1633, 2293, 1))))	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 450 RT GRS SDA	daya tersambung 450 RT GRS SDA*jam nyala 450 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan 900 RT GRS SDA	0.0985*pelanggan 900 RT GRS SDA	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan 900 RT GRS SDA	rate pelanggan 900 RT GRS SDA	89112	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 900 RT GRS SDA	(pelanggan 900 RT GRS SDA*900)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 900 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1222, 1305, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR: Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1382, 1519, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR: Time=2012, RANDOM UNIFORM(1599, 1652, 1), RANDOM UNIFORM(1222, 1652,1))))	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 900 RT GRS SDA	daya tersambung 900 RT GRS SDA*jam nyala 900 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan 1300 RT GRS SDA	$0.052 * \text{pelanggan 1300 RT GRS SDA}$	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan 1300 RT GRS SDA	rate pelanggan 1300 RT GRS SDA	43665	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 1300 RT GRS SDA	$(\text{pelanggan 1300 RT GRS SDA} * 1300) / 1e+006$	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 1300 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(868, 986, 1), IF THEN ELSE(Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007, RANDOM UNIFORM(1120, 1366, 1), IF THEN ELSE (Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1340, 1592, 1),	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	UNIFORM(868, 1592, 1))))		
Kebutuhan listrik 1300 RT GRS SDA	daya tersambung 1300 RT GRS SDA*jam nyala 1300 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan 2200 RT GRS SDA	0.107*pelanggan 2200 RT GRS SDA	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan 2200 RT GRS SDA	rate pelanggan 2200 RT GRS SDA	5919	Halaman 60 poin a
Daya tersambung 2200 RT GRS SDA	(pelanggan 2200 RT GRS SDA*2200)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala 2200 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1293, 1375, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1517, 1556, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1657, 1728, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1699, 1711, 1), RANDOM UNIFORM(1293, 1711,1))))		
Kebutuhan listrik 2200 RT GRS SDA	daya tersambung 2200 RT GRS SDA*jam nyala 2200 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan R2 RT GRS SDA	0.134*pelanggan R2 RT GRS SDA	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan R2 RT GRS SDA	rate pelanggan R2 RT GRS SDA	1172	Halaman 60 poin a
Daya tersambung R2 RT GRS SDA	(pelanggan R2 RT GRS SDA*4220)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala R2 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1395, 1360, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1428, 1421, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1558,	-	Halaman 62 poin d

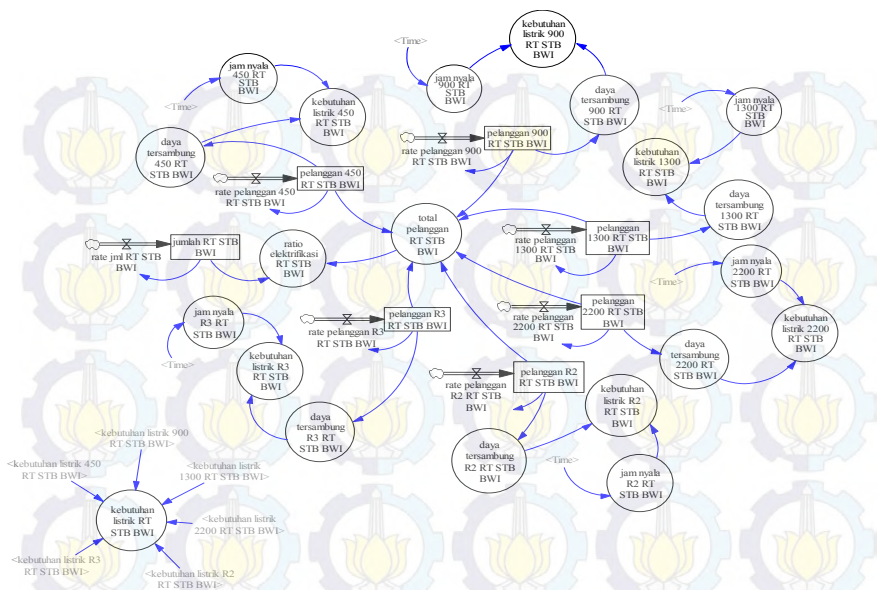
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	1590,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1631, 1600, 1), RANDOM UNIFORM(1360, 1644,1))))		
Kebutuhan listrik R2 RT GRS SDA	daya tersambung R2 RT GRS SDA*jam nyala R2 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Rate pelanggan R3 RT GRS SDA	0.156*pelanggan R3 RT GRS SDA	-	Halaman 64 poin f
Pelanggan R3 RT GRS SDA	rate pelanggan R3 RT GRS SDA	79	Halaman 60 poin a
Daya tersambung R3 RT GRS SDA	(pelanggan R3 RT GRS SDA*11431)/1e+006	-	Halaman 60 poin b
Jam nyala R3 RT GRS SDA	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1275, 1318, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1382, 1344, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009,	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM (1835, 2082, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (1468, 1422,1), RANDOM UNIFORM(1275, 2082,1))))		
Kebutuhan listrik R3 RT GRS SDA	daya tersambung R3 RT GRS SDA*jam nyala R3 RT GRS SDA	-	Halaman 61 poin c
Total pelanggan RT GRS SDA	pelanggan 450 RT GRS SDA+pelanggan 900 RT GRS SDA+pelanggan 1300 RT GRS SDA+pelanggan 2200 RT GRS SDA+pelanggan R2 RT GRS SDA+pelanggan R3 RT GRS SDA	-	Halaman 64 poin f
Rate jml RT GRS SDA	0.011*jumlah RT GRS SDA	-	-
Jumlah RT GRS SDA	rate jml RT GRS SDA	613302	Halaman 60 poin a
Ratio elektrifikasi RT GRS SDA	total pelanggan RT GRS SDA/jumlah RT GRS SDA	-	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik RT GRS SDA	kebutuhan listrik 450 RT GRS SDA+kebutuhan listrik 900 RT GRS SDA+kebutuhan listrik	-	Halaman 63 poin e

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	1300 RT GRS SDA+kebutuhan listrik		
	2200 RT GRS SDA+kebutuhan listrik		
	R2 RT GRS SDA+kebutuhan listrik		
	R3 RT GRS SDA		

4.5.2.9 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Gresik Situbondo Banyuwangi

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Situbondo Banyuwangi. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Situbondo Banyuwangi.



Gambar 4.5-13 Diagram flow submodel kebutuhan listrik rumah tangga Situbondo Banyuwangi

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-13 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.9 Situbondo Banyuwangi). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—9 Persamaan submodel kebutuhan listrik rumah tangga Situbondo Banyuwangi

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
Rate pelanggan 450 RT STB BWI	$0.01 * \text{pelanggan 450 RT STB BWI}$	-	Halaman 60 poin a

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
Pelanggan 450 RT STB BWI	rate pelanggan 450 RT STB BWI	243450	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT STB BWI	(pelanggan 450 RT STB BWI*450)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004,RANDOM UNIFORM (1585, 1635, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1666, 1863, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1907, 1702, 1), RANDOM UNIFORM(1585, 1907, 1))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 450 RT STB BWI	daya tersambung 450 RT STB BWI*jam nyala 450 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 900 RT STB BWI	0.092*pelanggan 900 RT STB BWI	-	Halaman 60 poin a

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
Pelanggan 900 RT STB BWI	rate pelanggan 900 RT STB BWI	98318	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT STB BWI	(pelanggan 900 RT STB BWI*900)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1062, 1087, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1065, 1151, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1186, 1222, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1177, 1190, 1), RANDOM UNIFORM(1062, 1190,1))))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik 900	daya tersambung 900 RT STB BWI*jam nyala 900 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
RT STB BWI			
Rate pelanggan 1300 RT STB BWI	$0.038 * \text{pelanggan 1300 RT STB BWI}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT STB BWI	$\text{rate pelanggan 1300 RT STB BWI}$	11686	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT STB BWI	$(\text{pelanggan 1300 RT STB BWI} * 1300) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1323, 1339, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1422, 1546, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1604, 1628, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1530, 1472,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
	1), RANDOM UNIFORM(1323, 1720,1))))))		
Kebutuhan listrik 1300 RT STB BWI	daya tersambung 1300 RT STB BWI*jam nyala 1300 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT STB BWI	0.097*pelanggan 2200 RT STB BWI	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT STB BWI	rate pelanggan 2200 RT STB BWI	2683	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT STB BWI	(pelanggan 2200 RT STB BWI*2200)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2 002:OR:Time=2003:OR: Time=2004:OR:Time=20 05:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1500, 1558, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2 008:OR:Time=2009:OR: Time=2010:OR:Time=20 11:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1741, 1334, 1), RANDOM	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
	UNIFORM(1334, 1741,1)))		
Kebutuhan listrik 2200 RT STB BWI	daya tersambung 2200 RT STB BWI*jam nyala 2200 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT STB BWI	$0.095 * \text{pelanggan R2 RT STB BWI}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT STB BWI	rate pelanggan R2 RT STB BWI	668	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT STB BWI	$(\text{pelanggan R2 RT STB BWI} * 4220) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1542, 1528, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1602, 1529, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1596, 1626,1), IF THEN ELSE	-	Halaman 61 poin c

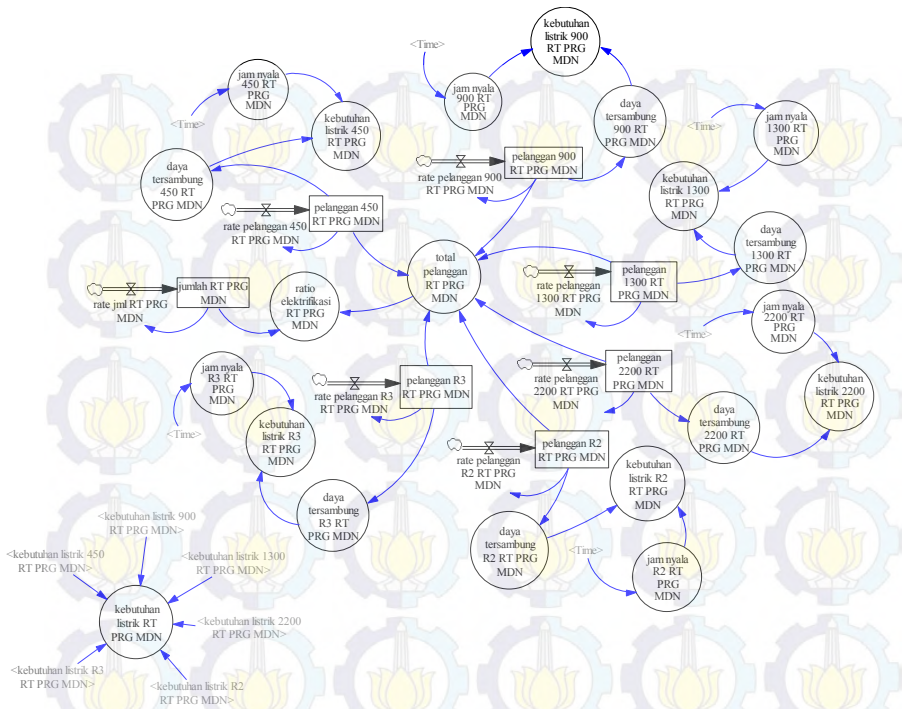
Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
	(Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1494, 1410, 1), RANDOM UNIFORM(1410, 1656,1))))		
Kebutuhan listrik R2 RT STB BWI	daya tersambung R2 RT STB BWI*jam nyala R2 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT STB BWI	0.037*pelanggan R3 RT STB BWI	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT STB BWI	rate pelanggan R3 RT STB BWI	96	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R3 RT STB BWI	(pelanggan R3 RT STB BWI*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R3 RT STB BWI	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004, RANDOM UNIFORM(4193, 3560, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2010	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
	, RANDOM UNIFORM(3500, 3156, 1), IF THEN ELSE (Time=2011:OR:Time=2 012, RANDOM UNIFORM (1374, 1003,1), RANDOM UNIFORM(1003, 4639,1))))		
Kebutuhan listrik R3 RT STB BWI	daya tersambung R3 RT STB BWI*jam nyala R3 RT STB BWI	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT STB BWI	pelanggan 450 RT STB BWI+pelanggan 900 RT STB BWI+pelanggan 1300 RT STB BWI+pelanggan 2200 RT STB BWI+pelanggan R2 RT STB BWI+pelanggan R3 RT STB BWI	-	-
Rate jml RT STB BWI	0.006*jumlah RT STB BWI	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT STB BWI	rate jml RT STB BWI	742632	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT STB BWI	total pelanggan RT STB BWI/jumlah RT STB BWI	-	Halaman 63 poin e

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
Kebutuhan listrik RT STB BWI	kebutuhan listrik 450 RT STB BWI+kebutuhan listrik 900 RT STB BWI+kebutuhan listrik 1300 RT STB BWI+kebutuhan listrik 2200 RT STB BWI+kebutuhan listrik R2 RT STB BWI+kebutuhan listrik R3 RT STB BWI	-	-

4.5.2.10 Sub-model kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga Gresik Ponorogo Madiun

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak pelanggan rumah tangga, daya tersambung, dan jam nyala untuk setiap golongan tarif, dan rasio elektrifikasi di Ponorogo Madiun. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik sektor rumah tangga Ponorogo Madiun.



Gambar 4.5-14 Diagram flow kebutuhan listrik rumah tangga Ponorogo Madiun

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-14 dapat halaman 58 poin B. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.10 Ponorogo Madiun). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—10 Persamaan kebutuhan listrik rumah tangga Ponorogo Madiun

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Rate pelanggan 450 RT PRG MDN	$0.019 * \text{pelanggan 450 RT PRG MDN}$	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 450 RT PRG MDN	$\text{rate pelanggan 450 RT PRG MDN}$	547646	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 450 RT PRG MDN	$(\text{pelanggan 450 RT PRG MDN} * 450) / 1e+006$	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 450 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1115, 1191, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2006:OR:Time=2007:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(1298, 1460, 1), IF THEN ELSE (Time=2009:OR:Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1540, 1571, 1), RANDOM UNIFORM(1115, 1571, 1))))	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
Kebutuhan listrik 450 RT PRG MDN	daya tersambung 450 RT PRG MDN*jam nyala 450 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 900 RT PRG MDN	0.07*pelanggan 900 RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 900 RT PRG MDN	rate pelanggan 900 RT PRG MDN	138460	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 900 RT PRG MDN	(pelanggan 900 RT PRG MDN*900)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 900 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(880, 950, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1105, 1154, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1183, 1235, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM (1185, 1256, 1), RANDOM UNIFORM(880, 1256,1))))		
Kebutuhan listrik 900 RT PRG MDN	daya tersambung 900 RT PRG MDN*jam nyala 900 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 1300 RT PRG MDN	0.052*pelanggan 1300 RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 1300 RT PRG MDN	rate pelanggan 1300 RT PRG MDN	13654	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 1300 RT PRG MDN	(pelanggan 1300 RT PRG MDN*1300)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 1300 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1169, 1224, 1), IF THEN ELSE(Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1337, 1492, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM(1568, 1610, 1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1613, 1519,1), RANDOM UNIFORM(1169, 1613, 1))))))		
Kebutuhan listrik 1300 RT PRG MDN	daya tersambung 1300 RT PRG MDN*jam nyala 1300 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan 2200 RT PRG MDN	0.117*pelanggan 2200 RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan 2200 RT PRG MDN	rate pelanggan 2200 RT PRG MDN	2241	Halaman 60 poin b
Daya tersambung 2200 RT PRG MDN	(pelanggan 2200 RT PRG MDN*2200)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala 2200 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1520, 1506, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM(1598, 1668, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1742, 1693,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(1665, 1479, 1), RANDOM UNIFORM(1451, 1742,1))))))		
Kebutuhan listrik 2200 RT PRG MDN	daya tersambung 2200 RT PRG MDN*jam nyala 2200 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R2 RT PRG MDN	0.099*pelanggan R2 RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R2 RT PRG MDN	rate pelanggan R2 RT PRG MDN	608	Halaman 60 poin b
Daya tersambung R2 RT PRG MDN	(pelanggan R2 RT PRG MDN*4220)/1e+006	-	Halaman 62 poin d
Jam nyala R2 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003,	-	Halaman 61 poin c

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	RANDOM UNIFORM(1429, 1429, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=2005:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1497, 1560, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM(1564, 1503,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (1663, 1430,1), RANDOM UNIFORM(1429, 1663,1))))))		
Kebutuhan listrik R2 RT PRG MDN	daya tersambung R2 RT PRG MDN*jam nyala R2 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Rate pelanggan R3 RT PRG MDN	0.25*pelanggan R3 RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Pelanggan R3 RT PRG MDN	rate pelanggan R3 RT PRG MDN	18	Halaman 60 poin b
Daya tersambung	(pelanggan R3 RT PRG MDN*11431)/1e+006	-	Halaman 62 poin d

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
R3 RT PRG MDN			
Jam nyala R3 RT PRG MDN	IF THEN ELSE (Time=2001:OR:Time=20 02:OR:Time=2003, RANDOM UNIFORM(1545, 1245, 1), IF THEN ELSE (Time=2004:OR:Time=20 05:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1252, 1127, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=20 08:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM (1310, 1264,1), IF THEN ELSE (Time=2010:OR:Time=20 11:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(757, 1078, 1), RANDOM UNIFORM(757, 1545,1))))))	-	Halaman 61 poin c
Kebutuhan listrik R3 RT PRG MDN	daya tersambung R3 RT PRG MDN*jam nyala R3 RT PRG MDN	-	Halaman 64 poin f
Total pelanggan RT PRG MDN	pelanggan 450 RT PRG MDN+pelanggan 900 RT PRG MDN+pelanggan 1300 RT PRG	-	-

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan persamaan
	MDN+pelanggan 2200 RT PRG MDN+pelanggan R2 RT PRG MDN+pelanggan R3 RT PRG MDN		
Rate jml RT PRG MDN	$0.005 \times \text{jumlah RT PRG MDN}$	-	Halaman 60 poin a
Jumlah RT PRG MDN	rate jml RT PRG MDN	1.20634 e+006	Halaman 60 poin b
Ratio elektrifikasi RT PRG MDN	total pelanggan RT PRG MDN/jumlah RT PRG MDN	-	Halaman 63 poin e
Kebutuhan listrik RT PRG MDN	kebutuhan listrik 450 RT PRG MDN+kebutuhan listrik 900 RT PRG MDN+kebutuhan listrik 1300 RT PRG MDN+kebutuhan listrik 2200 RT PRG MDN+kebutuhan listrik R2 RT PRG MDN+kebutuhan listrik R3 RT PRG MDN	-	-

4.5.2.11 Sub-model pemenuhan kebutuhan listrik Jawa Timur

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak total kebutuhan listrik di Jawa Timur. Pada sub-model ini menampilkan kebutuhan rumah tangga dan kebutuhan non rumah tangga pada tiap area di Jawa Timur. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model kebutuhan listrik Jawa Timur.

Gambar 4.5-15 Diagram flow kebutuhan listrik Jawa Timur

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-15 dapat halaman 57 poin A. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—11 Persamaan sub-model kebutuhan listrik Jawa Timur

Variabel	Persamaan	Initial value	Penjelasan Persamaan
Rate non RT SBY	$0.0457 * \text{kebutuhan non RT SBY}$	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT SBY	rate non RT SBY	3.56027×10^6	Halaman 60 poin b

Kebutuhan listrik SBY	kebutuhan listrik RT SBY + kebutuhan non RT SBY	-	-
Rate non RT MLG PSR	$0.063 \times \text{kebutuhan non RT MLG PSR}$	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT MLG PSR	rate non RT MLG PSR	1.5414×10^6	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik RT MLG PSR + kebutuhan non RT MLG PSR	kebutuhan listrik RT MLG PSR + kebutuhan non RT MLG PSR	-	-
Rate non RT KDR	$0.0474 \times \text{kebutuhan non RT KDR}$	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT KDR	rate non RT KDR	394264	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik RT KDR+kebutuhan non RT KDR	kebutuhan listrik RT KDR+kebutuhan non RT KDR	-	-
Rate non RT MJK	$0.105 \times \text{kebutuhan non RT MJK}$	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT MJK	rate non RT MJK	651465	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik RT MJK+kebutuhan non RT MJK	kebutuhan listrik RT MJK+kebutuhan non RT MJK	-	-
Rate non RT JBR	$0.1143 \times \text{kebutuhan non RT JBR}$	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT JBR	rate non RT JBR	91762.4	Halaman 60 poin b

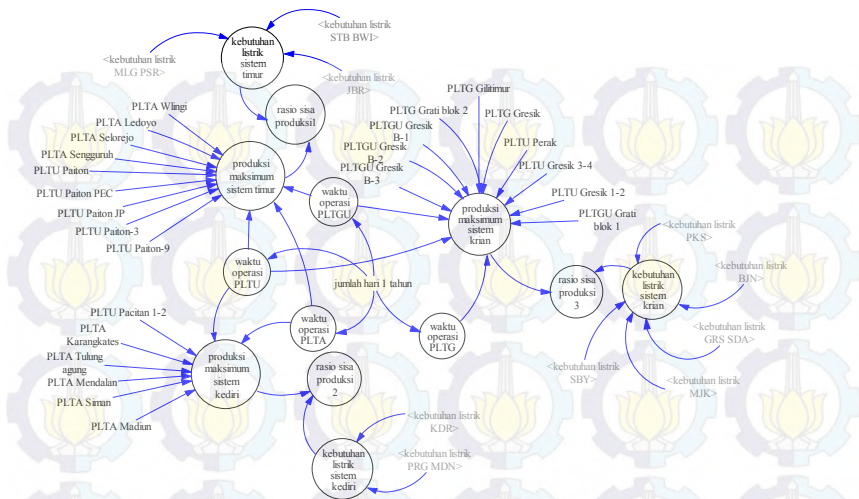
Kebutuhan listrik JBR	kebutuhan listrik RT JBR+kebutuhan non RT JBR	-	-
Rate non RT BJN	0.078*kebutuhan non RT BJN	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT BJN	rate non RT BJN	636612	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik BJN	kebutuhan listrik RT BJN + kebutuhan non RT BJN	-	-
Rate non RT PKS	0.1021*kebutuhan non RT PKS	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT PKS	rate non RT PKS	63672.6	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik PKS	kebutuhan listrik RT PKS + kebutuhan non RT PKS	-	-
Rate non RT GRS SDA	0.1049*kebutuhan non RT GRS SDA	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT GRS SDA	rate non RT GRS SDA	1.03899 e+006	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik GRS SDA	kebutuhan listrik RT GRS SDA + kebutuhan non RT GRS SDA	-	-
Rate non RT STB BWI	0.0787*kebutuhan non RT STB BWI	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT STB BWI	rate non RT STB BWI	159952	Halaman 60 poin b

Kebutuhan listrik STB BWI	kebutuhan listrik RT STB BWI + kebutuhan non RT STB BWI	-	-
Rate non RT PRG MDN	0.108*kebutuhan non RT PRG MDN	-	Halaman 60 poin a
Kebutuhan non RT PRG MDN	rate non RT PRG MDN	110017	Halaman 60 poin b
Kebutuhan listrik PRG MDN	kebutuhan listrik RT PRG MDN + kebutuhan non RT PRG MDN	-	-
Kebutuhan listrik Jawa Timur	kebutuhan listrik BJN + kebutuhan listrik GRS SDA +kebutuhan listrik JBR+kebutuhan listrik KDR + kebutuhan listrik MJK+kebutuhan listrik MLG PSR +kebutuhan listrik PKS+kebutuhan listrik PRG MDN +kebutuhan listrik SBY+kebutuhan listrik STB BWI	-	-
Rasio pemenuhan base model	(total produksi/keb listrik Jawa Timur) *100	-	-
Rasio sisa kapasitas pemenuhan	((desain kapasitas-keb listrik Jawa	-	-

kebutuhan listrik	Timur) /desain kapasitas)*100		
Desain kapasitas	produksi maksimum sistem kediri+produksi maksimum sistem krian+produksi maksimum sistem timur	-	-

4.5.2.12 Sub-model Supply listrik Pembangkit ke Area

Sub-model ini menggambarkan bagaimana pembagian pembangkit untuk mensupply area-area. Pada sub-model ini menampilkan hubungan antara jumlah hari dalam setahun, waktu operasi pembangkit, dan kapasitas dari tiap jenis pembangkit sehingga dapat diketahui seberapa banyak energi listrik maksimum yang bisa dihasilkan oleh total kapasitas pembangkit listrik yang ada untuk mencukupi kebutuhan listrik di Jawa Timur. Pada sub-model ini terdapat variabel rasio sisa produksi. Variabel ini menunjukkan seberapa banyak kapasitas yang masih tersisa untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik mendatang. Semakin kecil nilai dari variabel rasio ini, maka penambahan kapasitas pembangkit sangat diperlukan agar dapat menghasilkan listrik yang lebih banyak. Berikut ini adalah gambar diagram *flow supply* listrik pembangkit ke area.



Gambar 4.5-16 Diagram flow sub-model desain kapasitas

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-16 dapat halaman 59 poin D. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Pada gambar 4.5-16 terlihat pengelompokan pembangkit untuk mensuplai beberapa area. Pada kelompok Sistem Timur, terdiri dari PLTA Wlingi, PLTA Ledoyo, PLTA Sidorejo, PLTA Senguruh, PLTU Paiton, PLTU Paiton PEC, PLTU Paiton JP, PLTU Paiton-3, dan PLTU Paiton-9. Kelompok ini akan mensuplai listrik untuk area Malang Pasuruan, Situbondo Banyuwangi, dan Jember. Kemudian pada Kelompok Sistem Kediri terdiri dari pembangkit: PLTU Pacitan 1-2, PLTA Karangates, PLTA Tulungagung, PLTA Mendolan, PLTA Siman, dan PLTA Madiun. Kelompok sistem Kediri ini akan mensuplai kebutuhan listrik area Ponorogo Madiun dan Kediri. Kelompok ketiga adalah kelompok sistem Krian. Kelompok ini terdiri dari pembangkit: PLTG Gresik B-3, PLTG Gresik B-2, PLTG Gresik B-1, PLTG Grati blok 2, PLTG Gilitimur, PLTG Gresik, PLTU Perak, PLTU Gresik 3-4, PLTU Gresik 1-2, dan PLTG Grati blok 1. Kelompok sistem ini

akan mensuplai kebutuhan listrik area Pamekasan, Bojonegoro, Gresik Sidoarjo, Mojokerto, dan Surabaya.

Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari tabel 2.3-1 tentang kapasitas terpasang masing-masing pembangkit. Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—12 Persamaan sub-model desain kapasitas

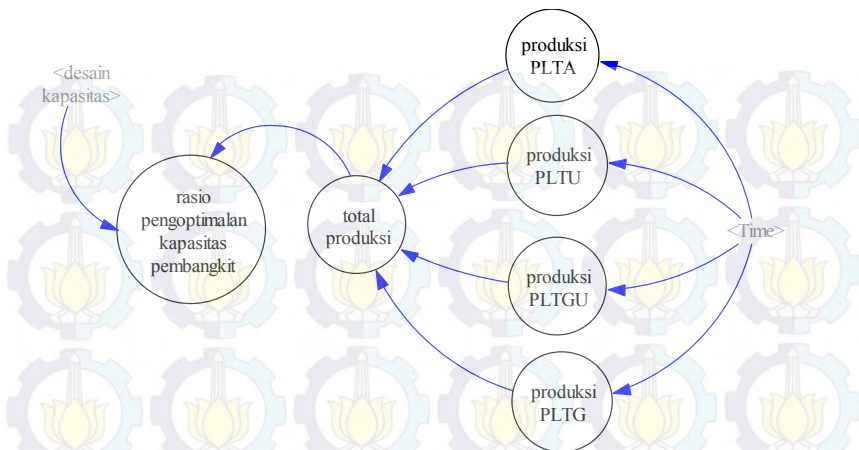
Variabel	Persamaan
Jumlah hari 1 tahun	365
Waktu operasi PLTU	6*jumlah hari 1 tahun
Waktu operasi PLTG	12*jumlah hari 1 tahun
Waktu operasi PLTGU	24*jumlah hari 1 tahun
Waktu operasi PLTA	24*jumlah hari 1 tahun
PLTA Wlingi	54
PLTA Ledoyo	4.5
PLTA Selorejo	4.5
PLTA Sengguruh	29
PLTU Paiton	800
PLTU Paiton PEC	1230
PLTU Paiton JP	1220
PLTU Paiton-3	815
PLTU Paiton-9	660
Produksi maksimum sistem timur	$((\text{PLTA Ledoyo} + \text{PLTA Wlingi} + \text{PLTA Selorejo} + \text{PLTA Sengguruh}) * \text{waktu operasi PLTA}) + ((\text{PLTU Paiton PEC} + \text{PLTU Paiton JP} + \text{"PLTU Paiton-3"} + \text{"PLTU Paiton-9"}) * \text{waktu operasi PLTU}) + (\text{PLTU Paiton} * \text{waktu operasi PLTGU})$
Kebutuhan listrik sistem timur	kebutuhan listrik JBR + kebutuhan listrik STB BWI + kebutuhan listrik MLG PSR

Variabel	Persamaan
Rasio sisa produksi 1	$((\text{produksi maksimum sistem timur} - (\text{Kebutuhan listrik sistem timur})) / \text{produksi maksimum sistem timur}) * 100$
PLTU Pacitan 1-2	630
PLTA Karangates	105
PLTA Tulung agung	36
PLTA Mendalan	23
PLTA Siman	10.8
PLTA Madiun	8.1
Produksi maksimum sistem Kediri	$(\text{"PLTU Pacitan 1-2"} * \text{waktu operasi PLTU}) + ((\text{PLTA Tulung agung} + \text{PLTA Siman} + \text{PLTA Mendalan} + \text{PLTA Madiun} + \text{PLTA Karangates}) * \text{waktu operasi PLTA})$
Kebutuhan listrik sistem kediri	kebutuhan listrik KDR+kebutuhan listrik PRG MDN
Rasio sisa produksi 2	$((\text{produksi maksimum sistem kediri} - (\text{Kebutuhan listrik sistem 156ediri})) / \text{produksi maksimum sistem 156ediri}) * 100$
PLTGU Gresik B-3	526.3
PLTGU Gresik B-2	526.3
PLTGU Gresik B-1	526.3
PLTG Grati blok 2	302.3
PLTG Gilitimur	40.2
PLTG Gresik	61.6
PLTU Perak	100
PLTU Gresik 3-4	400
PLTU Gresik 1-2	200
PLTGU Grati blok 1	461.8
Produksi maksimum sistem krian	$((\text{"PLTU Gresik 1-2"} + \text{"PLTU Gresik 3-4"} + \text{PLTU Perak}) * \text{waktu operasi})$

Variabel	Persamaan
	$PLTU) + ((PLTG \text{ Gresik} + PLTG \text{ Gilitimur} + PLTG \text{ Grati blok 2}) * \text{waktu operasi PLTG}) + ((\text{"PLTGU Gresik B-1"} + \text{"PLTGU Gresik B-2"} + \text{"PLTGU Gresik B-3"} + PLTGU \text{ Grati blok 1}) * \text{waktu operasi PLTGU})$
Kebutuhan listrik sistem krian	$\text{kebutuhan listrik BJN} + \text{kebutuhan listrik GRS SDA} + \text{kebutuhan listrik MJK} + \text{kebutuhan listrik PKS} + \text{kebutuhan listrik SBY}$
Rasio sisa produksi 3	$((\text{produksi maksimum sistem krian} - (\text{Kebutuhan listrik sistem krian})) / \text{produksi maksimum sistem krian}) * 100$

4.5.2.13 Sub-model total produksi listrik

Sub-model ini menggambarkan seberapa banyak produksi listrik yang telah dihasilkan oleh setiap pembangkit. Pada sub-model ini menampilkan pertumbuhan produksi listrik pada setiap jenis pembangkit dan rasio pengoptimalan/pemanfaatan kapasitas pembangkit yang ada. Rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit ini merupakan variabel yang menggambarkan apakah produksi listrik selama ini sudah mencapai titik maksimum kapasitas pembangkit. Semakin tinggi nilai dari variabel rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit ini, maka semakin optimal produksi listrik yang dilakukan. Berikut ini adalah gambar diagram *flow* sub-model total produksi listrik.



Gambar 4.5-17 Diagram flow sub-model produksi listrik

Penjelasan dari sub-model pada gambar 4.5-17 dapat halaman 58 poin C. Dari sub-model tersebut, terdapat beberapa persamaan untuk tiap-tiap variabel yang ada. Nilai-nilai yang terkandung dalam persamaan tersebut berasal dari hasil analisis data (lampiran 1 Data Inputan, A.11 Produksi listrik). Persamaan tiap variabel ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5—13 Persamaan sub-model produksi listrik

Variabel	Persamaan
Produksi PLTA	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR: Time=2004, RANDOM UNIFORM (2.898e+006, 2.166e+006,1), IF THEN ELSE (Time=2002:OR:Time=2005:OR:Time=2008:OR:Time=2009:OR:Time=2011:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM(2.229e+006, 2.489e+006, 1), IF THEN ELSE (Time=2003:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM(1.918e+006, 1.939e+006, 1), RANDOM UNIFORM(1.918e+006, 3.972e+006,1))))

Variabel	Persamaan
Produksi PLTU	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR: Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2006, RANDOM UNIFORM (1.1726e+007, 1.2164e+007, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2008:OR:Time=2009, RANDOM UNIFORM (1.3181e+007, 1.2477e+007, 1), IF THEN ELSE (Time=2002:OR:Time=2010:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (1.0264e+007, 1.114e+007, 1), IF THEN ELSE (Time=2005:OR:Time=2011, RANDOM UNIFORM(1.0785e+007, 1.0784e+007, 1), RANDOM UNIFORM(1.0044e+007, 1.3181e+007,1))))))
Produksi PLTGU	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR: Time=2002:OR:Time=2003,RANDOM UNIFORM (1.3126e+007, 1.2617e+007, 1), IF THEN ELSE (Time=2004 :OR: Time=2005 :OR: Time=2006,RANDOM UNIFORM (1.3372e+007, 1.2781e+007, 1), IF THEN ELSE (Time=2007 :OR: Time=2008 :OR: Time=2009:OR:Time=2010, RANDOM UNIFORM (1.5135e+007, 1.472e+007,1), RANDOM UNIFORM (1.2781e+007, 1.5817e+007,1))))
Produksi PLTG	IF THEN ELSE (Time=2001 :OR: Time=2002:OR:Time=2004:OR:Time=2008, RANDOM UNIFORM(206000, 298000, 1), IF THEN ELSE (Time=2006 :OR: Time=2010 :OR: Time=2011,RANDOM UNIFORM (438000, 549000, 1), IF THEN ELSE (Time=2007:OR:Time=2009:OR:Time=2012, RANDOM UNIFORM (1.14e+006,

Variabel	Persamaan
	1.212e+006, 1), RANDOM UNIFORM (77000, 1.432e+006,1))))
Total produksi	produksi PLTA+produksi PLTG +produksi PLTGU+produksi PLTU
Rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit	(total produksi/desain kapasitas)*100

4.6 Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini akan dilakukan verifikasi dan validasi mengenai pendefinisian sistem, diagram kausatik, model sistem dinamik, dan formula yang telah dibuat sebelumnya.

4.6.1 Verifikasi model

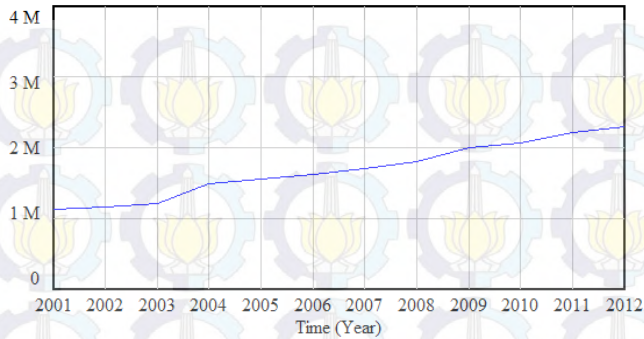
Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program computer) sesuai dengan logika diagram alur. (Hoover dan Perry, 1989); Verifikasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah formula sudah sesuai dengan model ataukah masih terjadi kesalahan. Apabila masih terjadi kesalahan, maka akan muncul pesan *error* pada Vensim, dan model tidak dapat dijalankan. Sebaliknya, apabila sudah tidak terdapat kesalahan/*error* yang muncul, maka hal tersebut menandakan bahwa model sudah terverifikasi.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari pemodelan kebutuhan listrik rumah tangga dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.

4.6.1.1 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Surabaya

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Surabaya selalu meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2004 terjadi kenaikan kebutuhan listrik rumah tangga yang tinggi.

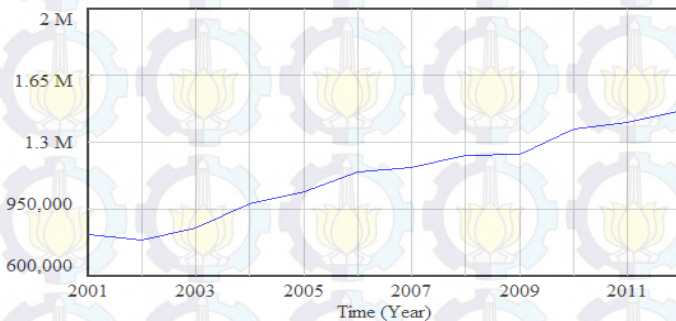
kebutuhan listrik RT SBY

**Gambar 4.6-1 Grafik simulasi kebutuhan listrik RT Surabaya**

4.6.1.2 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Malang Pasuruan

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Malang Pasuruan terkadang mengalami peningkatan dan penurunan pada periode tertentu.

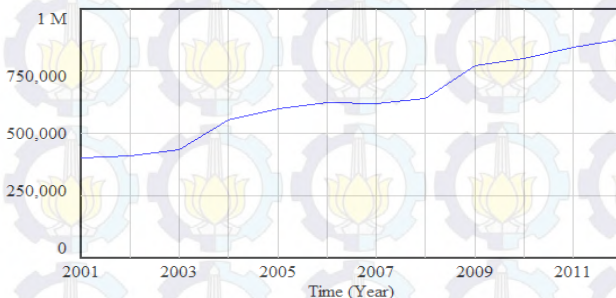
kebutuhan listrik RT MLG PSR

**Gambar 4.6-2 Grafik simulasi kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan**

4.6.1.3 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Mojokerto

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Mojokerto terkadang mengalami peningkatan dan penurunan pada periode tertentu.

kebutuhan listrik RT MJK

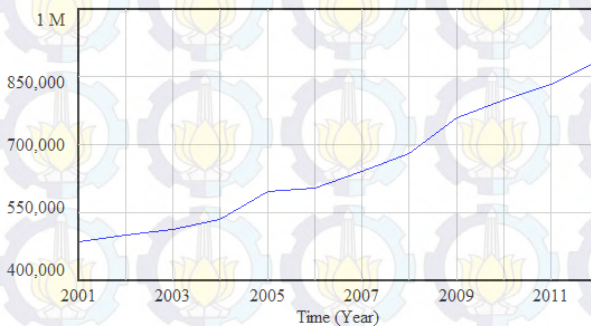


Gambar 4.6-3 Grafik kebutuhan listrik RT Mojokerto

4.6.1.4 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Kediri

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Kediri selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Terutama peningkatan kebutuhan listrik terjadi pada tahun 2005.

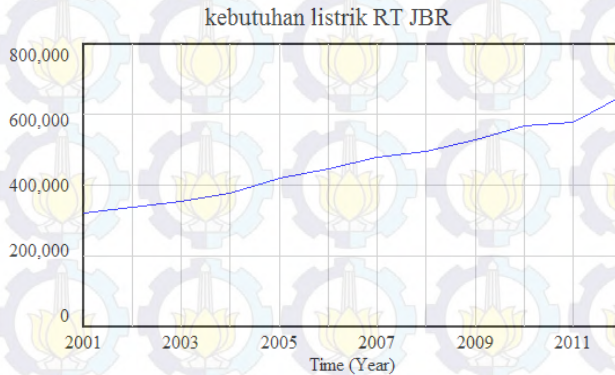
kebutuhan listrik RT KDR



Gambar 4.6-4 Grafik kebutuhan listrik RT Kediri

4.6.1.5 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Jember

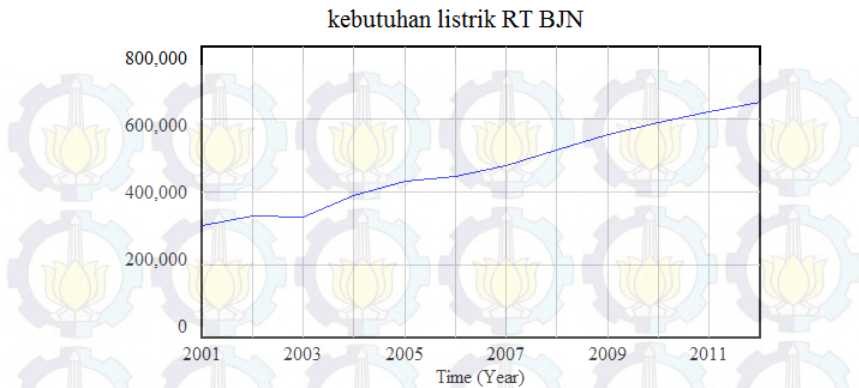
Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Jember selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Kecuali pada tahun 2011, terjadi penurunan kebutuhan listrik di Jember.



Gambar 4.6-5 Grafik kebutuhan listrik RT Jember

4.6.1.6 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Bojonegoro

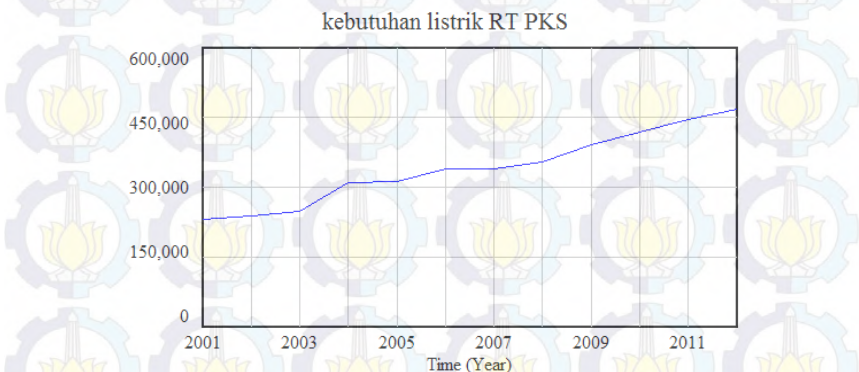
Pada gambar diatas ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Bojonegoro pernah mengalami peningkatan dan penurunan selama 12 tahun. Pada tahun 2003 dan 2006 terjadi penurunan kebutuhan listrik di Bojonegoro.



Gambar 4.6-6 Grafik kebutuhan listrik Bojonegoro

4.6.1.7 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Pamekasan

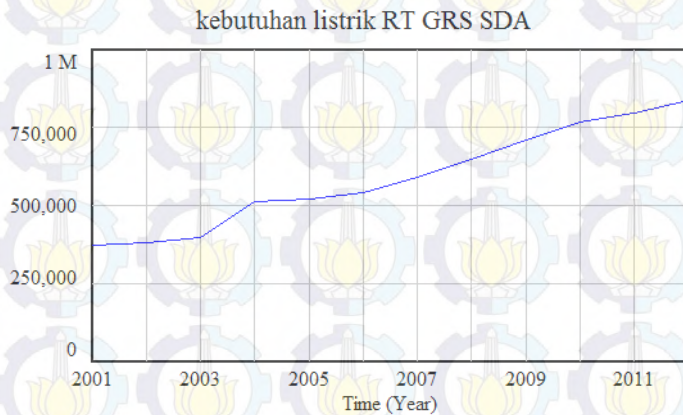
Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Pamekasan pernah mengalami peningkatan dan penurunan selama 12 tahun. Pada tahun 2004 dan 2006 terjadi peningkatan kebutuhan listrik di Pamekasan.



Gambar 4.6-7 Grafik kebutuhan listrik RT PKS

4.6.1.8 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Gresik Sidoarjo

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Gresik Sidoarjo pernah mengalami peningkatan dan penurunan selama 12 tahun. Pada tahun 2004 terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang cukup banyak di Gresik Sidoarjo.

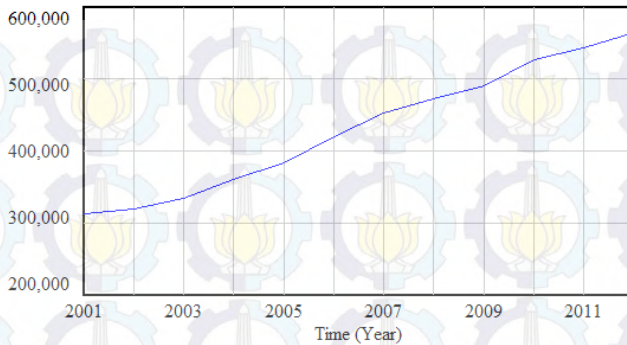


Gambar 4.6-8 Grafik kebutuhan listrik RT GRS SDA

4.6.1.9 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Situbondo Banyuwangi

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Situbondo Banyuwangi selalu mengalami peningkatan selama 12 tahun.

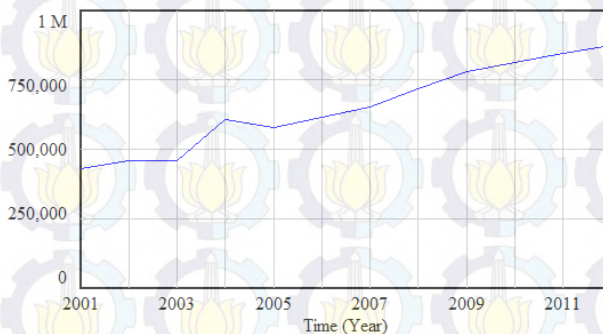
kebutuhan listrik RT STB BWI

**Gambar 4.6-9 Grafik kebutuhan listrik RT STB BWI**

4.6.1.10 Kebutuhan listrik Rumah Tangga (RT) Ponorogo Madiun

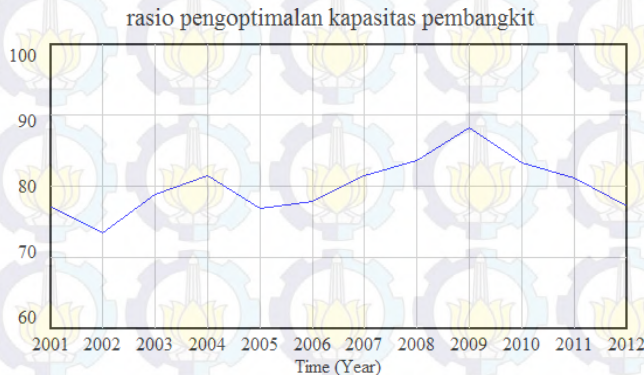
Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa kebutuhan listrik rumah tangga di Ponorogo Madiun pernah mengalami peningkatan dan penurunan selama 12 tahun. Pada tahun 2004 terjadi peningkatan kebutuhan listrik yang banyak di Ponorogo Madiun.

kebutuhan listrik RT PRG MDN

**Gambar 4.6-10 Grafik kebutuhan listrik RT PRG MDN**

4.6.1.11 Rasio Pengoptimalan kapasitas pembangkit

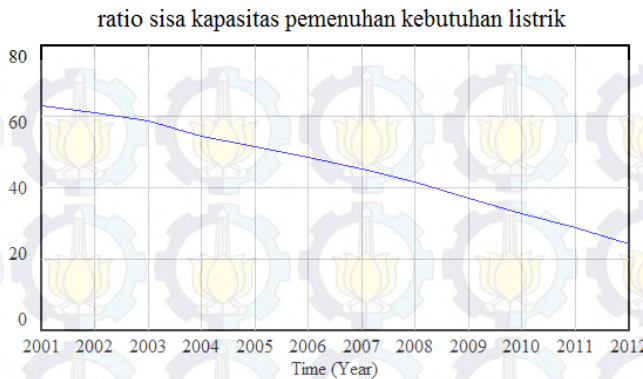
Pada gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit selalu mengalami peningkatan dan penurunan. Hal tersebut disebabkan oleh ketersediaan bahan bakar yang setiap tahunnya dalam jumlah berbeda sehingga penggunaan kapasitas pembangkit tidak bisa maksimal. Rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit selama 12 tahun ini yang paling tinggi adalah 80% – 90% dari kapasitas maksimal yang bisa digunakan untuk memproduksi listrik.



Gambar 4.6-11 Grafik rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit

4.6.1.12 Rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik

Pada gambar diatas ini ditunjukkan bahwa rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik selalu mengalami penurunan setiap tahunnya. Hal tersebut menandakan bahwa kapasitas pembangkit akan segera terpenuhi dan sudah saatnya untuk merencanakan desain kapasitas yang baru agar dapat memenuhi kebutuhan listrik pelanggan.



Gambar 4.6-12 Grafik rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik

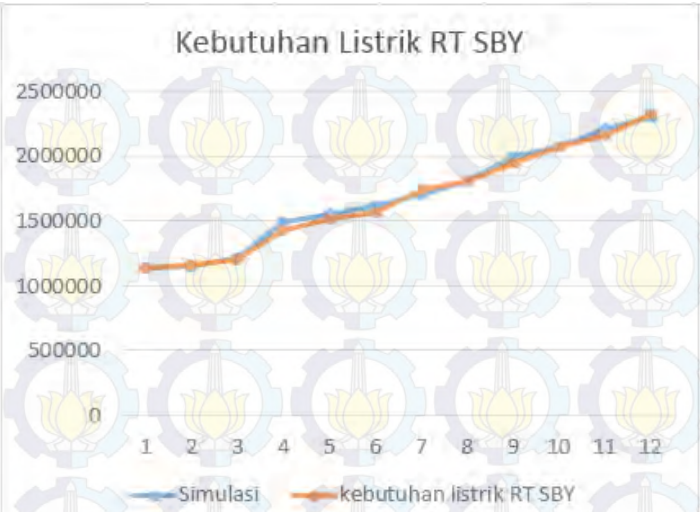
4.6.2 Validasi model

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata (Hoover dan Perry, 1989); Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan sistemnya. Kesesuaian antara model dengan sistem nyata dapat diketahui dengan membandingkan hasil simulasi dengan data asli yang diperoleh dari perusahaan.

Berikut ini adalah hasil dari validasi pada model yang telah dibuat.

4.6.2.1 Kebutuhan listrik RT Surabaya

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Surabaya selama 12 tahun.



Gambar 4.6-13 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Surabaya

Berdasarkan gambar diatas, antara hasil simulasi dan data kebutuhan listrik RT SBY hampir berada pada garis yang sama. Hal tersebut menandakan bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Surabaya. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Surabaya.

Tabel 4.6—1 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Surabaya

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT SBY
2001	1135290.00	1140548.16
2002	1154900.00	1166114.39
2003	1215220.00	1194035.85
2004	1491010.00	1427666.17
2005	1552850.00	1513064.66

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT SBY
2006	1618890.00	1570993.59
2007	1702930.00	1744577.38
2008	1803030.00	1807952.14
2009	1993060.00	1945306.60
2010	2066480.00	2069222.88
2011	2207330.00	2156162.38
2012	2298940.00	2331328.68
Mean	1686660.83	1672247.74
standar deviasi	383812.5616	385933.13

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{1686660.83 - 1672247.74}{1672247.74} \\
 &= 0.86 \%
 \end{aligned}$$

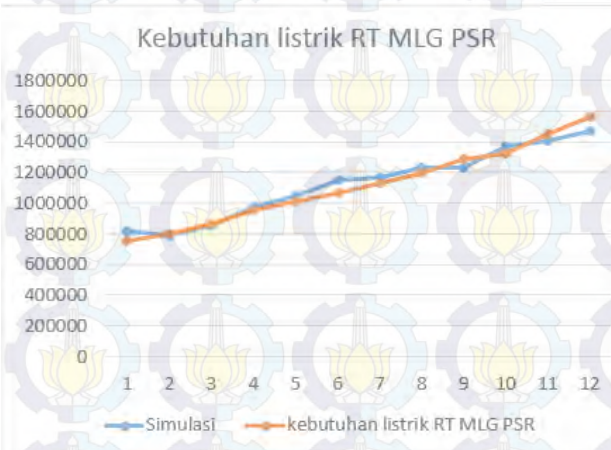
Karena 0.86% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\begin{aligned}
 \text{Error Variance} &= \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}} \\
 &= \frac{383812.5616 - 385933.13}{385933.13} \\
 &= 0.55 \%
 \end{aligned}$$

Karena 0.55% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.2 Kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Malang Pasuruan selama 12 tahun.



Gambar 4.6-14 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan.

Tabel 4.6—2 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT MLG PSR
2001	817140.00	752109.38
2002	790110.00	802591.87
2003	850506.00	864229.98

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT MLG PSR
2004	977616.00	959396.35
2005	1043100.00	1008131.63
2006	1146220.00	1066205.97
2007	1166300.00	1132613.59
2008	1229360.00	1192364.35
2009	1234010.00	1283385.28
2010	1367910.00	1322317.81
2011	1405020.00	1447420.10
2012	1469180.00	1561517.18
Mean	1124706.00	1116023.62
standar deviasi	222019.363	244555.06

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{1124706.00 - 1116023.62}{1116023.62} \\
 &= 0.78 \%
 \end{aligned}$$

Karena 0.78% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

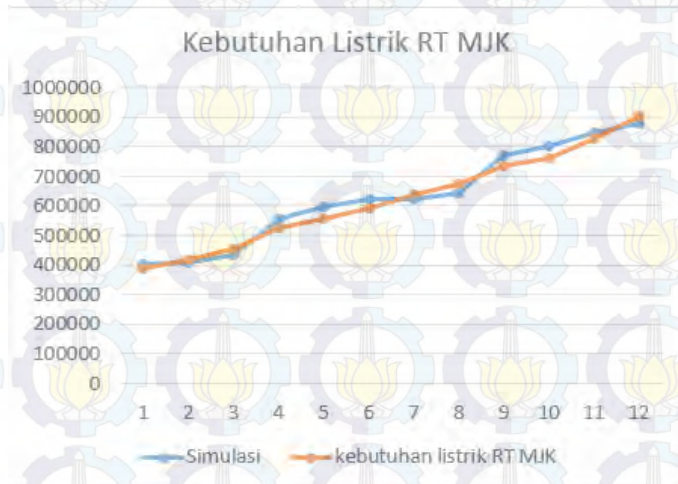
$$\begin{aligned}
 \text{Error Variance} &= \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}} \\
 &= \frac{222019.363 - 244555.06}{244555.06}
 \end{aligned}$$

$$= 9.21 \%$$

Karena 9,21% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.3 Kebutuhan listrik RT Mojokerto

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Mojokerto selama 12 tahun.



Gambar 4.6-15 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Mojokerto

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Mojokerto walaupun ada beberapa perbedaan nilai pada beberapa titik. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Mojokerto.

Tabel 4.6—3 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Mojokerto

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT MJK
2001	400700	389972.3
2002	408764	419525.1
2003	432318	452175.5
2004	555443	523436.3
2005	596900	555734.3
2006	622204	590689.6
2007	620604	637670.5
2008	640841	673342
2009	772712	734137
2010	800855	761744.8
2011	846732	829140.8
2012	879062	902924.8
Mean	631427.92	622541.09
standar deviasi	159703.187	156941.3

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{631427.92 - 622541.09}{622541.09} \\
 &= 1.43\%
 \end{aligned}$$

Karena 1.43% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

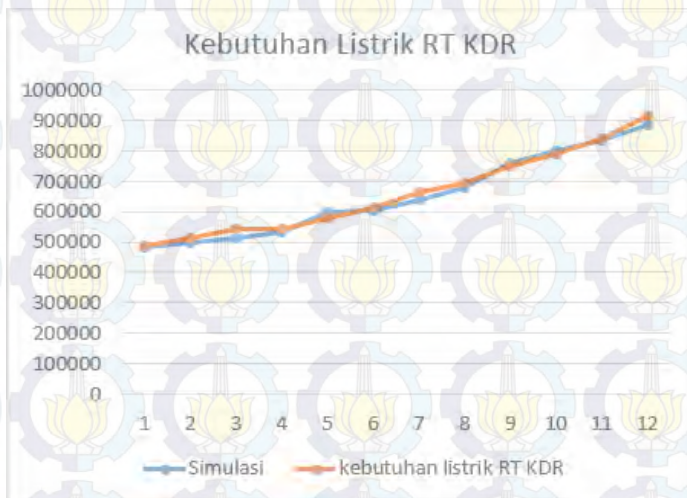
$$= \frac{159703.187 - 156941.3}{156941.3}$$

$$= 1.76 \%$$

Karena 1.76% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.4 Kebutuhan listrik RT Kediri

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Kediri selama 12 tahun.



Gambar 4.6-16 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kediri

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Kediri. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kediri.

Tabel 4.6—4 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kediri

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT KDR
2001	484073	487314
2002	499094	512851.4
2003	511921	541604.9
2004	534765	543587.6
2005	595923	578413.2
2006	604684	614404.6
2007	641014	661640.8
2008	679860	691736.5
2009	759994	748614.2
2010	797575	787176.6
2011	833423	841105.6
2012	883968	915808.8
Mean	652191.17	660354.84
standar deviasi	132540.561	132617.836

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{652191.17 - 660354.84}{660354.84} \\
 &= 1.24\%
 \end{aligned}$$

Karena 1.24% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

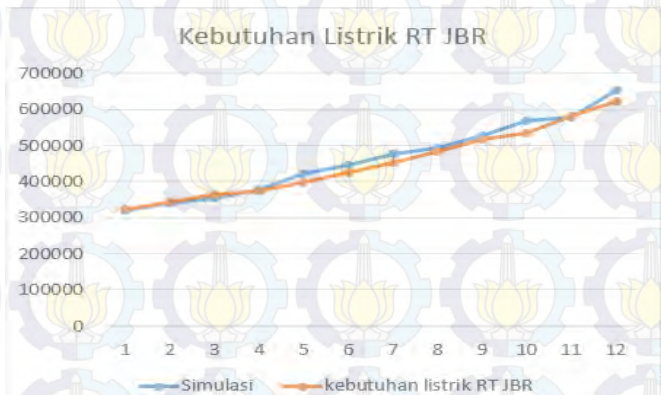
$$= \frac{132540.561 - 132617.836}{132617.836}$$

$$= 0.06 \%$$

Karena 0.06% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.5 Kebutuhan listrik RT Jember

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Jember selama 12 tahun.



Gambar 4.6-17 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Jember

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Jember walaupun pada beberapa titik ada nilai simulasi yang lebih besar dari pada data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Jember.

Tabel 4.6—5 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Jember

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT JBR
2001	320952	324355.84
2002	339024	343977.52
2003	353393	365221.13
2004	376426	372784.63
2005	421081	397942.7
2006	444910	424057.16
2007	477487	452593.86
2008	494593	483356.24
2009	528378	516476.75
2010	566565	535286.61
2011	576494	579906.51
2012	653173	621564.93
Mean	462706.33	451460.32
standar deviasi	100992.777	92491.825

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{462706.33 - 451460.32}{451460.32} \\
 &= 2.49\%
 \end{aligned}$$

Karena 2.49% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

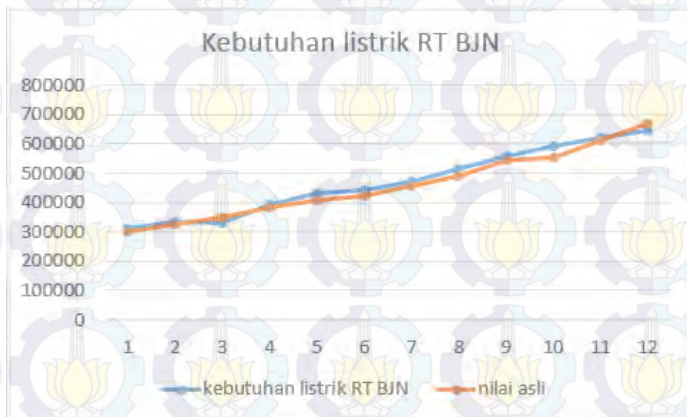
$$= \frac{100992.777 - 92491.825}{92491.825}$$

$$= 9.19 \%$$

Karena 9.19% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.6 Kebutuhan listrik RT Bojonegoro

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Bojonegoro selama 12 tahun.



Gambar 4.6-18 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Bojonegoro

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Bojonegoro. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Bojonegoro.

Tabel 4.6—6 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Bojonegoro

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT BJN
2001	308116	302555.48
2002	333435	325297.65
2003	330576	349983.51
2004	390542	381988.48
2005	431139	407171.5
2006	441633	423424.48
2007	472335	457802.24
2008	515830	488586.46
2009	558589	542254.37
2010	591406	552206.45
2011	619986	610313.11
2012	647729	669842.38
Mean	470109.67	459285.51
standar deviasi	112435.33	111041.7

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{470109.67 - 459285.51}{459285.51} \\
 &= 2.36\%
 \end{aligned}$$

Karena 2.36% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

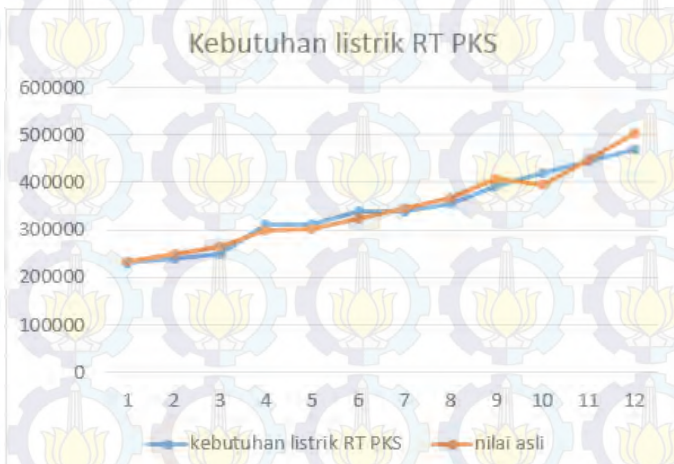
$$= \frac{1112435.33 - 111041.7}{111041.7}$$

$$= 1.26 \%$$

Karena 1.26 % kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.7 Kebutuhan listrik RT Pamekasan

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Pamekasan selama 12 tahun.



Gambar 4.6-19 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Pamekasan

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Pamekasan walaupun ada beberapa titik bernilai lebih kecil dari data asli. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Pamekasan.

Tabel 4.6—7 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Pamekasan

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT PKS
2001	229675	232707.683
2002	239432	248471.272
2003	248997	265348.17
2004	310505	298481.308
2005	312161	301101.652
2006	338877	322766.683
2007	338309	346720.852
2008	354534	367796.298
2009	392095	407747.811
2010	419683	395158.906
2011	445949	447011.053
2012	468239	503662.811
Mean	341538.00	344747.87
standar deviasi	75901.643	79273.9784

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{341538.00 - 344747.87}{344747.87} \\
 &= 0.93\%
 \end{aligned}$$

Karena 0.93% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

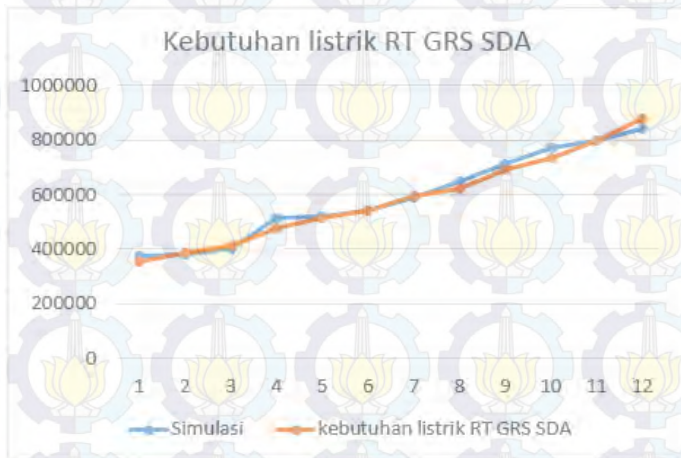
$$= \frac{75901.643 - 79273.9784}{79273.9784}$$

$$= 4.25 \%$$

Karena 4.25% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.8 Kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Gresik Sidoarjo selama 12 tahun.



Gambar 4.6-20 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo yang selalu meningkat tiap tahunnya. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo.

Tabel 4.6—8 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT GRS SDA
2001	372626	353750.29
2002	381563	382704.32
2003	398398	414194.11
2004	512202	473613.04
2005	520113	515823.04
2006	542373	541149.4
2007	591094	591833.3
2008	648011	621532.71
2009	710781	687623.77
2010	768163	732199.38
2011	797310	799805.19
2012	837564	875486.35
Mean	590016.50	582476.24
standar deviasi	156677.951	159874.37

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{590016.50 - 582476.24}{582476.24} \\
 &= 0.93\%
 \end{aligned}$$

Karena 1.29 % kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

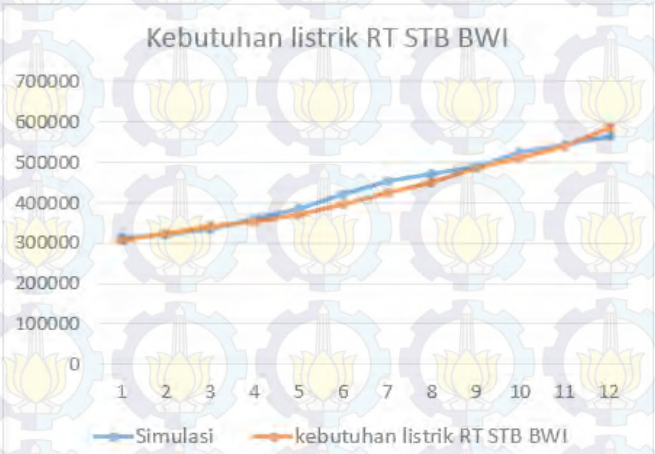
$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{156677.951 - 159874.37}{159874.37} \\ &= 4.25 \% \end{aligned}$$

Karena 2.00% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.9 Kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Situbondo Banyuwangi selama 12 tahun.



Gambar 4.6-21 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi walaupun ada beberapa titik nilai simulasi lebih banyak dari data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan

perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi.

Tabel 4.6—9 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT STB BWI
2001	312100	306229.08
2002	319385	323435.952
2003	334566	342318.763
2004	361151	354078.197
2005	383280	372076.568
2006	419881	396304.559
2007	453171	425697.274
2008	471733	451167.843
2009	490683	486419.562
2010	526376	510156.018
2011	542618	540217.458
2012	564223	584222.861
Mean	431597.25	424360.34
standar deviasi	85725.524	86719.5763

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{431597.25 - 424360.34}{424360.34} \\
 &= 1.71\%
 \end{aligned}$$

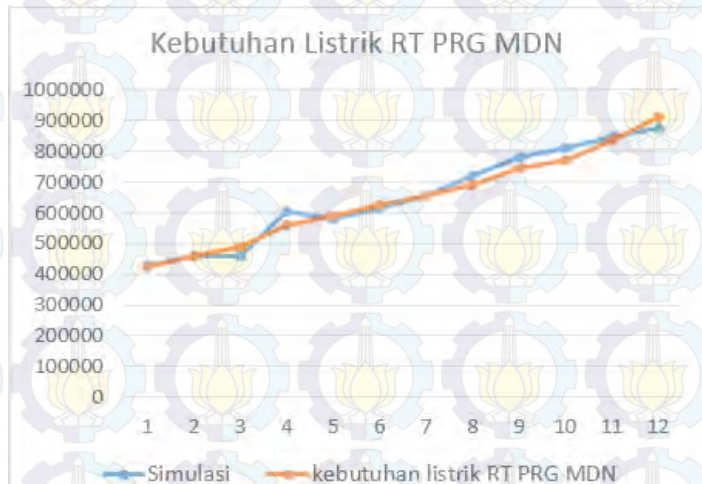
Karena 1.71 % kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\begin{aligned} \text{Error Variance} &= \frac{s. \text{deviasi simulasi} - s. \text{deviasi data}}{s. \text{deviasi data}} \\ &= \frac{85725.524 - 86719.5763}{86719.5763} \\ &= 4.25 \% \end{aligned}$$

Karena 1.15% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.10 Kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi kebutuhan listrik rumah tangga area Ponorogo Madiun selama 12 tahun.



Gambar 4.6-22 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun walaupun ada beberapa titik nilai simulasi lebih banyak atau lebih sedikit dari data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun.

Tabel 4.6—10 Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiun

Time (Year)	Nilai simulasi	kebutuhan RT PNG MDN
2001	429120	425280.9
2002	458583	456680.2
2003	460353	490764.4
2004	605541	557250.8
2005	579405	587654.8
2006	614708	624826.9
2007	651859	656302.7
2008	717901	688106.1
2009	781772	745430.2
2010	812370	768463.8
2011	846879	834362.8
2012	873613	910306.9
Mean	652675.33	645452.54
standar deviasi	149058.242	145052.801

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\text{Mean Comparison} = \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}}$$

$$= \frac{652675.33 - 645452.54}{645452.54}$$

$$= 1.12\%$$

Karena 1.12 % kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

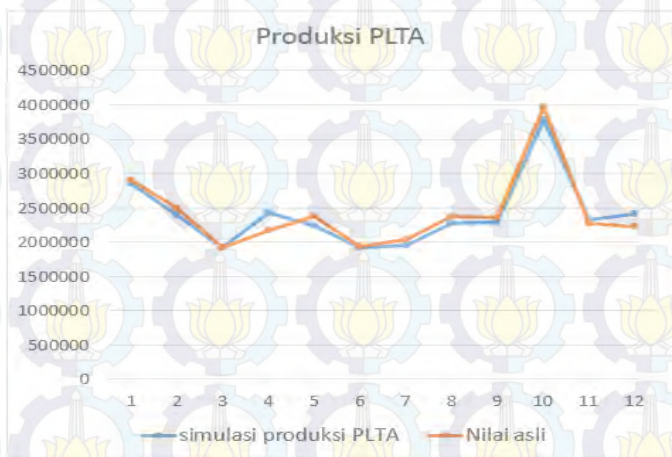
$$= \frac{149058.242 - 145052.801}{145052.801}$$

$$= 4.25 \%$$

Karena 2.76% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.11 Produksi listrik oleh PLTA

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi Produksi listrik oleh PLTA selama 12 tahun.



Gambar 4.6-23 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTA

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data produksi PLTA. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data produksi PLTA.

Tabel 4.6—11 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTA

Time (Year)	Nilai simulasi	Produksi Listrik oleh PLTA
2001	2855340	2898000.00
2002	2394680	2489000.00
2003	1924290	1918000.00
2004	2428040	2166000.00
2005	2245770	2380000.00
2006	1919460	1939000.00
2007	1959820	2039000.00
2008	2267490	2376000.00
2009	2283040	2357000.00
2010	3784050	3972000.00
2011	2323960	2268000.00
2012	2403720	2229000.00
Mean	2399138	2419250
standar deviasi	486101.244	556129.0114

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\text{Mean Comparison} = \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}}$$

$$= \frac{2399138 - 2419250}{2419250}$$

$$= 0.83\%$$

Karena 0.83 % kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{s.\text{deviasi data}}$$

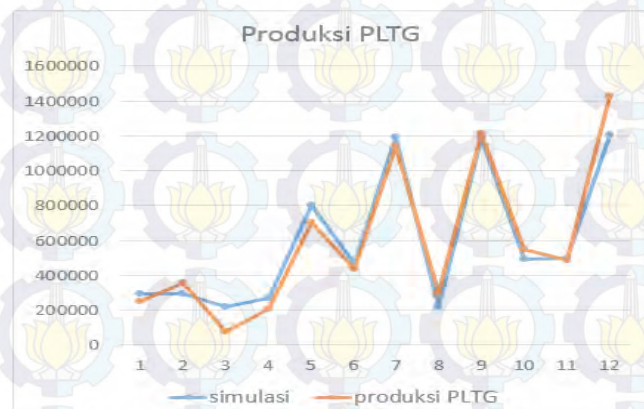
$$= \frac{486101.244 - 556129.0114}{556129.0114}$$

$$= 12.59\%$$

Karena 12.59% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.12 Produksi listrik oleh PLTG

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi produksi listrik oleh PLTG selama 12 tahun.



Gambar 4.6-24 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTG

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati data produksi PLTG, walaupun ada di beberapa titik

nilai simulasi lebih besar dari pada data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data produksi PLTG.

Tabel 4.6—12 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTG

Time (Year)	Nilai simulasi	Produksi Listrik oleh PLTG
2001	295712	248000.00
2002	293695	356000.00
2003	217302	77000.00
2004	267859	206000.00
2005	803859	702000.00
2006	464699	438000.00
2007	1193990	1140000.00
2008	217482	298000.00
2009	1186880	1212000.00
2010	493304	549000.00
2011	495735	484000.00
2012	1208160	1432000.00
Mean	594890	595167
standar deviasi	380616.485	438406.3771

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{594890 - 595167}{595167}
 \end{aligned}$$

$$= 0.046\%$$

Karena 0.046 % kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s. \text{deviasi simulasi} - s. \text{deviasi data}}{s. \text{deviasi data}}$$

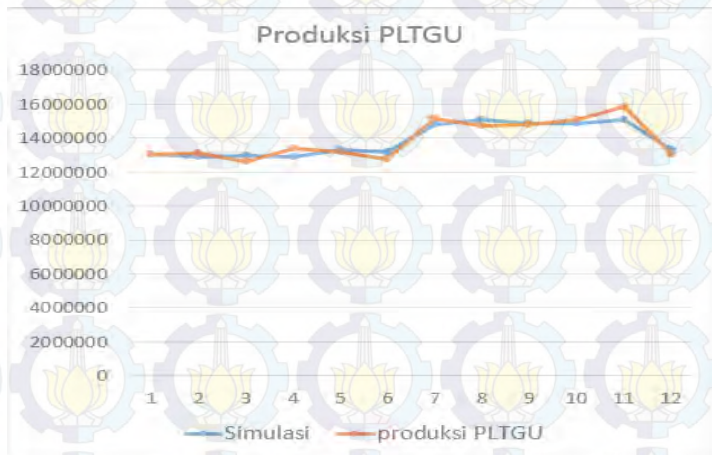
$$= \frac{380616.485 - 438406.3771}{438406.3771}$$

$$= 13.18 \%$$

Karena 13.18% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.13 Produksi listrik oleh PLTGU

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi produksi listrik oleh PLTGU selama 12 tahun.



Gambar 4.6-25 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTGU

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati pola produksi dan data produksi PLTGU, walaupun

ada di beberapa titik nilai simulasi lebih kecil dari pada data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data produksi PLTGU.

Tabel 4.6—13 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTGU

Time (Year)	Nilai simulasi	Produksi Listrik oleh PLTGU
2001	13042700	13019000.00
2002	12880100	13126000.00
2003	12991400	12617000.00
2004	12878900	13372000.00
2005	13326500	13165000.00
2006	13165900	12781000.00
2007	14808500	15135000.00
2008	15046800	14720000.00
2009	14846600	14807000.00
2010	14876800	15056000.00
2011	15061100	15817000.00
2012	13318400	13013000.00
Mean	13853642	13885667
standar deviasi	920258.046	1124451.327

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{13853642 - 13885667}{13885667}
 \end{aligned}$$

$$= 0.23\%$$

Karena 0.23% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

$$\text{Error Variance} = \frac{s. \text{deviasi simulasi} - s. \text{deviasi data}}{s. \text{deviasi data}}$$

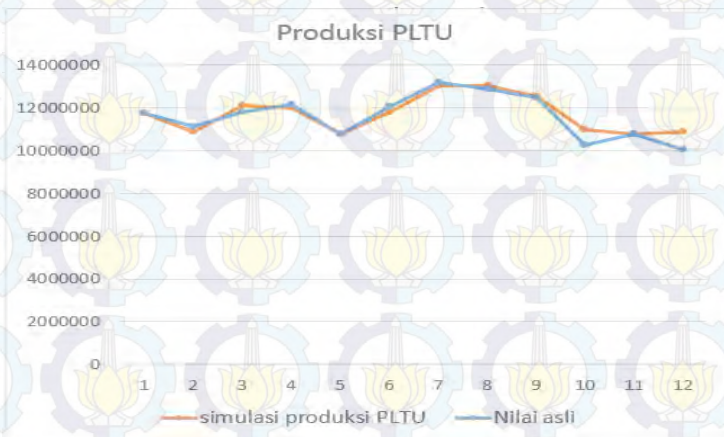
$$= \frac{920258.046 - 1124451.327}{1124451.327}$$

$$= 18.16\%$$

Karena 18.16% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

4.6.2.14 Produksi listrik oleh PLTU

Berikut ini adalah perbandingan antara data dan hasil simulasi produksi listrik oleh PLTU selama 12 tahun.



Gambar 4.6-26 Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTU

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa hasil simulasi sudah mendekati pola produksi dan data produksi PLTU, walaupun

ada di beberapa titik nilai simulasi lebih kecil dari pada data. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data produksi PLTU.

Tabel 4.6—14 Perbandingan hasil simulasi dengan data produksi listrik oleh PLTU

Time (Year)	Nilai simulasi	Produksi Listrik oleh PLTU
2001	11754600	11726000.00
2002	10894400	11140000.00
2003	12107900	11808000.00
2004	11987100	12164000.00
2005	10784100	10785000.00
2006	11811900	12046000.00
2007	13011300	13181000.00
2008	13032300	12888000.00
2009	12512400	12477000.00
2010	10988400	10264000.00
2011	10784800	10784000.00
2012	10890400	10044000.00
Mean	11713300	11608917
standar deviasi	811582.589	1011324.286

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi tersebut valid atau tidak, dilakukan uji validasi dengan *Mean Comparison* dan *Error Variance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\text{rata2 data}} \\
 &= \frac{11713300 - 11608917}{11608917}
 \end{aligned}$$

$$= 0.89\%$$

Karena 0.89% kurang dari 5%, maka model ini dinyatakan valid.

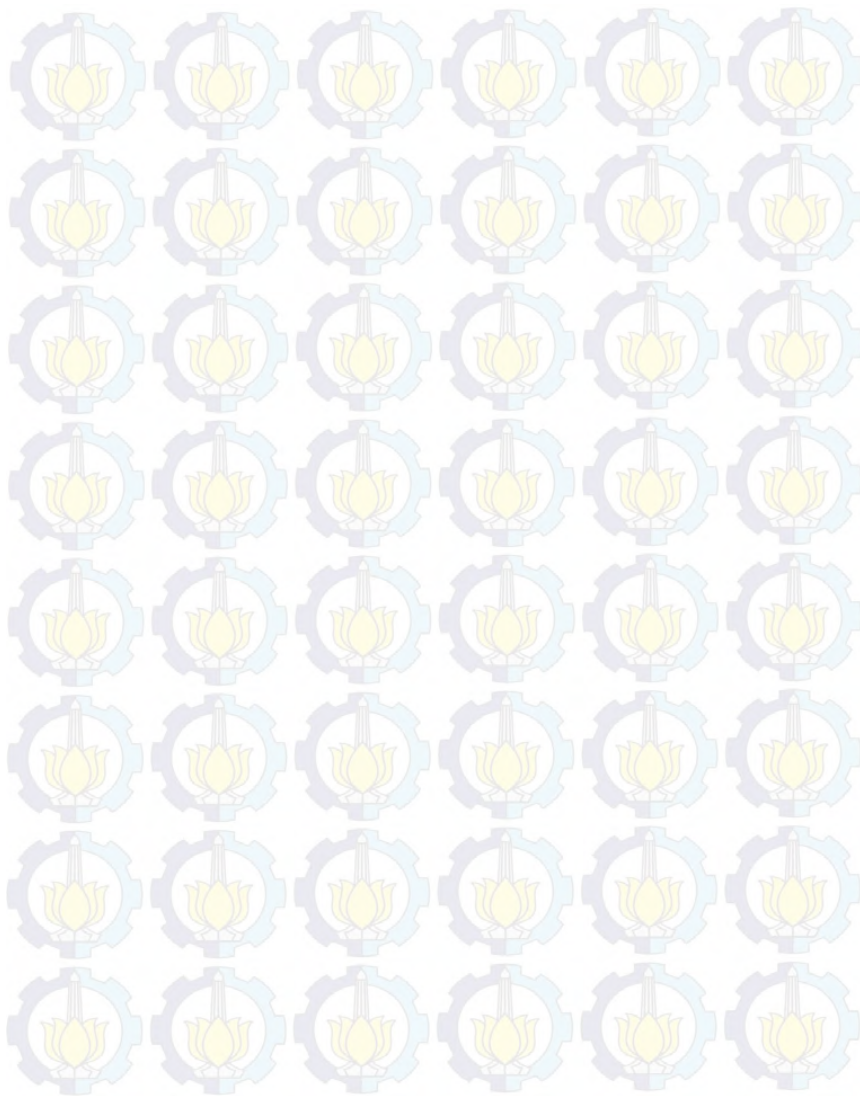
$$\text{Error Variance} = \frac{s. \text{deviasi simulasi} - s. \text{deviasi data}}{s. \text{deviasi data}}$$

$$= \frac{811582.589 - 1011324.286}{1011324.286}$$

$$= 19.75\%$$

Karena 19.75% kurang dari 30%, maka model ini dinyatakan valid.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

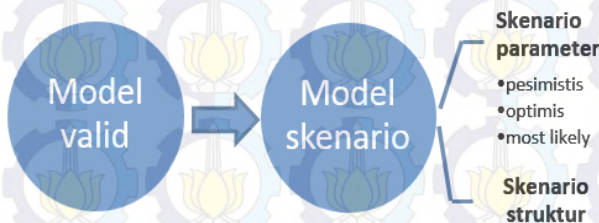
PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini dijelaskan mengenai proses pembuatan skenario dari *base model* dan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari pembuatan skenario.

5.1 Pengembangan Model Sistem Dinamik

Pengembangan model sistem dinamik ini merupakan tahap lanjutan setelah *base model* berhasil dibuat. Pada tahap ini akan dilakukan pengembangan dengan cara menambahkan skenario yang mungkin terjadi di masa mendatang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan pelanggan dan perlu tidaknya melakukan penambahan kapasitas listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik mendatang.

Skenario yang akan dibuat terdiri dari 2 jenis, yaitu skenario parameter dan skenario struktur. Pada skenario parameter ini terdiri dari 3 skenario, yaitu skenario pesimistis, skenario optimis, dan skenario *most-likely*. Kemudian pada skenario struktur, terdapat 2 skenario yaitu penambahan desain kapasitas pembangkit listrik untuk kebutuhan listrik mendatang, dan produksi listrik tiap pembangkit di Jawa Timur. Pada skenario struktur ini akan dilakukan penambahan variabel pembangkit baru. Berikut ini adalah diagram skenario pada analisis kebutuhan listrik dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.



Gambar 5.1-1 Diagram Skenario

5.1.1 Skenario Parameter

Pada skenario parameter ini, dilakukan perubahan nilai-nilai pada variabel-variabel yang ada pada model *skenario Most-Likely*. Nilai yang akan dirubah adalah variabel pelanggan rumah tangga pada beberapa daerah di Jawa Timur. Dengan melakukan perubahan nilai tersebut, akan diketahui apakah desain kapasitas pembangkit saat ini masih bisa mencukupi kebutuhan pelanggan di masa mendatang. Fungsi yang digunakan dalam skenario parameter ini adalah fungsi IF THEN ELSE.

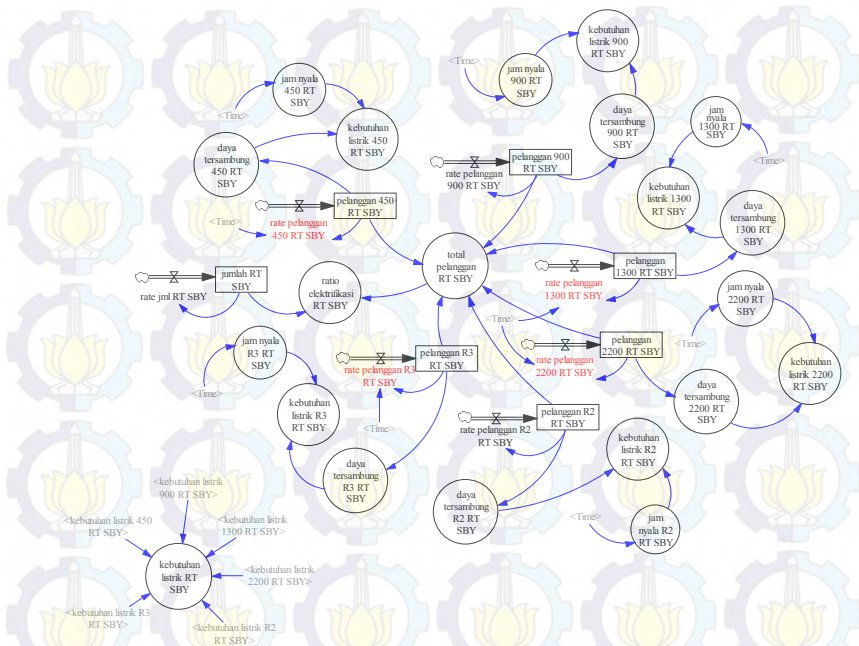
IF THEN ELSE ({cond}, {ontrue}, {onfalse})
--

5.1.1.1 Skenario Parameter Pesimistis

Pada skenario parameter pesimistis ini, ada beberapa nilai yang dirubah. Perubahan nilai itu akan berlaku setelah tahun 2012 sehingga jumlah pelanggan di tahun 2012 ke atas akan mengalami pertumbuhan lebih lambat dari tahun-tahun sebelumnya. Perubahan nilai ini didasarkan oleh perkiraan PLN mengenai kemungkinan terburuk pertumbuhan kebutuhan listrik rumah tangga di Jawa Timur sebanyak 0.03 untuk tahun 2012 ke atas. Dimana penurunan pertumbuhan kebutuhan listrik tersebut terjadi di seluruh area di Jawa Timur.

a. Area Surabaya

Pada area Surabaya, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan jumlah lahan semakin sedikit sehingga tidak memungkinkan untuk membangun rumah. Pada gambar dibawah ini, variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.



Gambar 5.1-2 Skenario parameter pesimistis area Surabaya

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

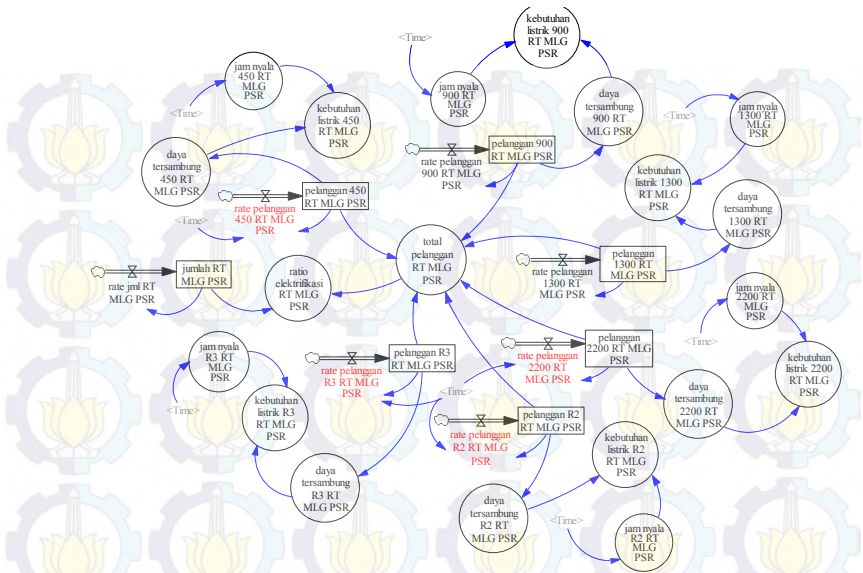
Tabel 5.1—1 Formula pada skenario pesimistis area Surabaya

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT SBY	IF THEN ELSE(Time<=2012, (-0.037*pelanggan 450 RT SBY), (-0.5*pelanggan 450 RT SBY))
rate pelanggan 1300 RT SBY	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.052*pelanggan 1300 RT SBY), (0.0001*pelanggan 1300 RT SBY))

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 2200 RT SBY	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.044*pelanggan 2200 RT SBY), (0.0001*pelanggan 2200 RT SBY))
rate pelanggan R3 RT SBY	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.098*pelanggan R3 RT SBY), (0.0001*pelanggan R3 RT SBY))

b. Area Malang Pasuruan

Pada area Malang Pasuruan, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Prediksi ini dilihat dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-3 Skenario parameter pesimistis area Malang Pasuruan

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

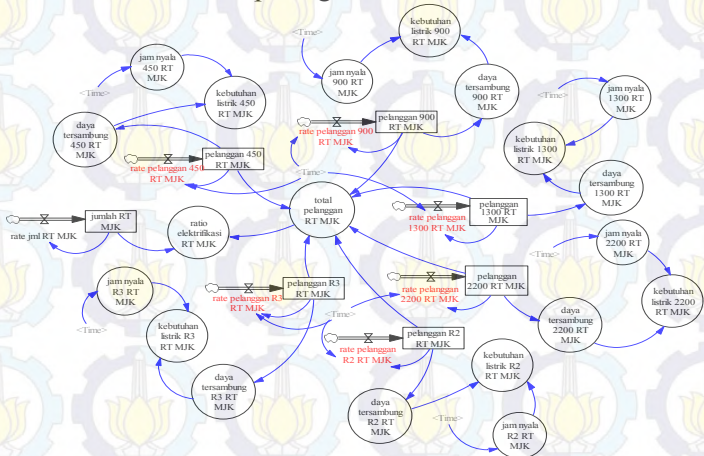
Tabel 5.1—2 Formula pada skenario pesimistis area Malang

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (-0.0029*pelanggan 450 RT MLG PSR), (-0.7*pelanggan 450 RT MLG PSR))
rate pelanggan 2200 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.075*pelanggan 2200 RT MLG PSR), (0.003*pelanggan 2200 RT MLG PSR))
rate pelanggan R2 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.066*pelanggan R2 RT MLG PSR), (0.001*pelanggan R2 RT MLG PSR))

Nama variabel	Formula
rate pelanggan R3 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.148*pelanggan R3 RT MLG PSR), (0.003*pelanggan R3 RT MLG PSR))

c. Area Mojokerto

Pada area Mojokerto, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Prediksi ini dilihat dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-4 Skenario parameter pesimistis area Mojokerto

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

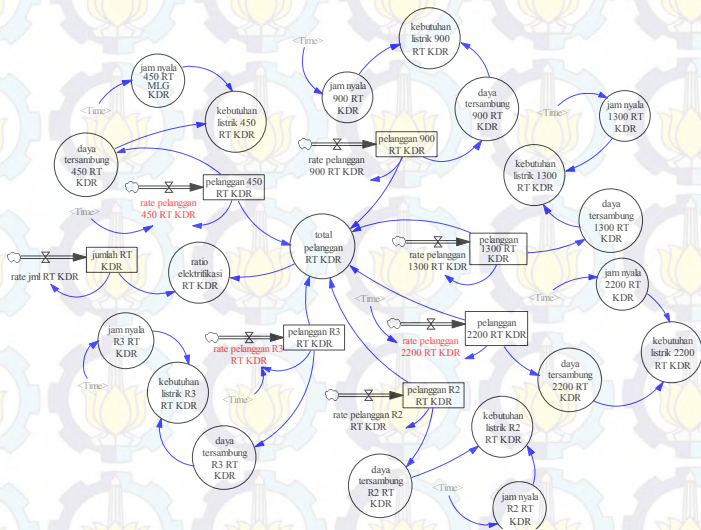
Tabel 5.1—3 Formula pada skenario pesimistis area Mojokerto

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.005*pelanggan 450 RT MJK), (-0.01*pelanggan 450 RT MJK))
rate pelanggan 900 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.117*pelanggan 900 RT MJK), (0.005*pelanggan 900 RT MJK))
rate pelanggan 1300 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0398*pelanggan 1300 RT MJK), (0.002*pelanggan 1300 RT MJK))
rate pelanggan 2200 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.102*pelanggan 2200 RT MJK), (0.003*pelanggan 2200 RT MJK))
rate pelanggan R2 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.11*pelanggan R2 RT MJK), (0.002*pelanggan R2 RT MJK))
rate pelanggan R3 RT MJK	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.1*pelanggan R3 RT MJK), (0.001*pelanggan R3 RT MJK))

d. Area Kediri

Pada area Kediri, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Nilai-nilai

yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-5 Skenario parameter pesimistis area Kediri

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

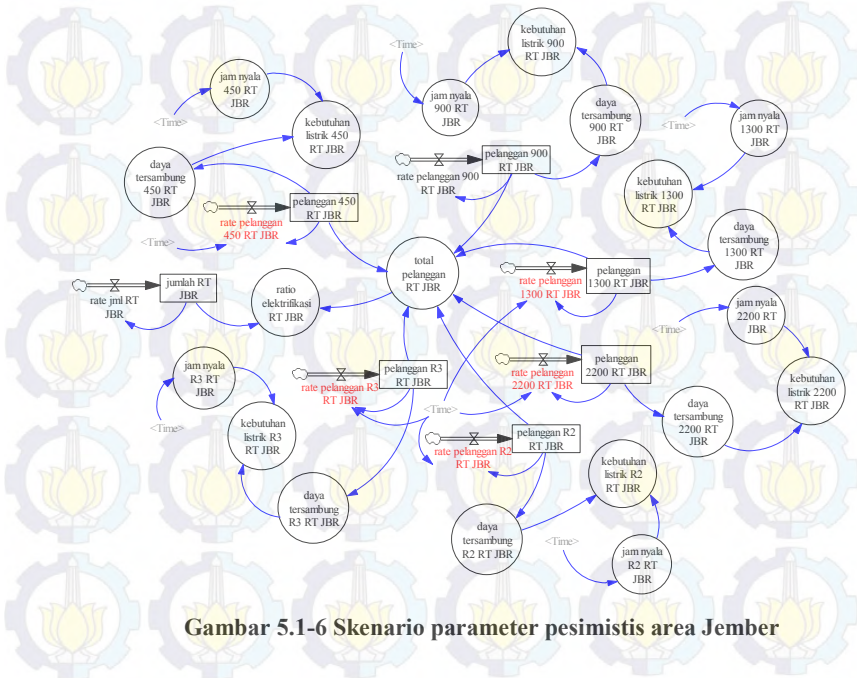
Tabel 5.1—4 Formula pada skenario pesimistis area Kediri

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT KDR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (-0.0048*pelanggan 450 RT KDR), (-0.5*pelanggan 450 RT KDR))
rate pelanggan 2200 RT KDR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.128*pelanggan 2200 RT KDR), (0.007*pelanggan 2200 RT KDR))
rate pelanggan R3 RT KDR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.178*pelanggan R3 RT KDR), (0.007*pelanggan R3 RT KDR))

Nama variabel	Formula
	KDR), $(0.007 * \text{pelanggan R3 RT KDR})$

e. Area Jember

Pada area ini, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Perubahan nilai rate kelompok pelanggan dipengaruhi oleh histori rate dari tahun 2001 hingga tahun 2012. Kelompok pelanggan yang ratenya paling rendah atau pertumbuhannya selalu menurun, akan diprediksikan di masa mendatang akan mengalami pertumbuhan yang sedikit. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-6 Skenario parameter pesimistis area Jember

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

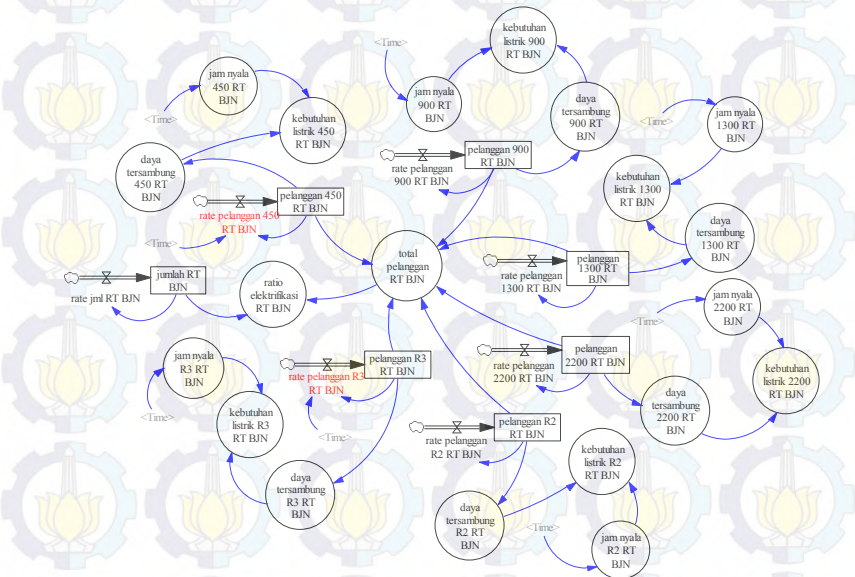
Tabel 5.1—5 Formula pada skenario pesimistis area Jember

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.034*pelanggan 450 RT JBR), (0.002*pelanggan 450 RT JBR))
rate pelanggan 1300 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0142*pelanggan 1300 RT JBR), (0.005*pelanggan 1300 RT JBR))
rate pelanggan 2200 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.068*pelanggan 2200 RT JBR), (0.002*pelanggan 2200 RT JBR))
rate pelanggan R2 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.115*pelanggan R2 RT JBR), (0.005*pelanggan R2 RT JBR))
rate pelanggan R3 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.114*pelanggan R3 RT JBR), (0.002*pelanggan R3 RT JBR))

f. Area Bojonegoro

Pada area Bojonegoro, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Prediksi ini dilihat dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini.

Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



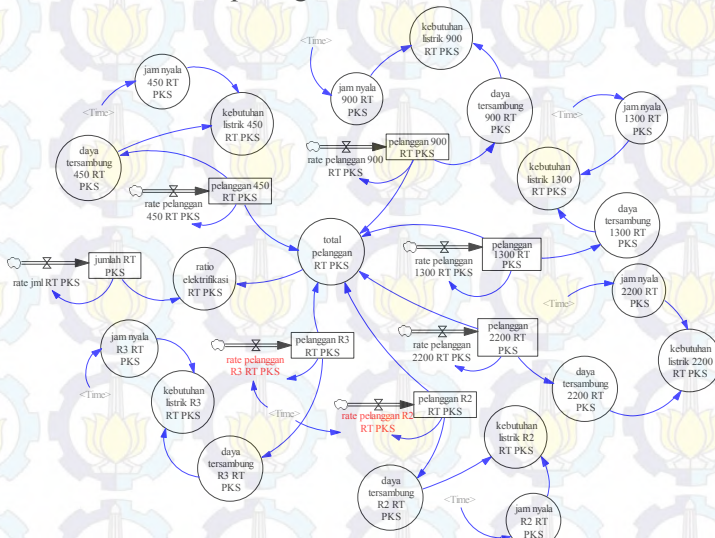
Gambar 5.1-7 Skenario parameter pesimistis area Bojonegoro

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 450 RT BBN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.01*pelanggan 450 RT BBN), (-0.2*pelanggan 450 RT BBN))
rate pelanggan R3 RT BBN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.19*pelanggan R3 RT BBN), (0.005*pelanggan R3 RT BBN))

g. Area Pamekasan

Pada area ini, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Perubahan ini ditentukan dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-8 Skenario parameter pesimistis area Pamekasan

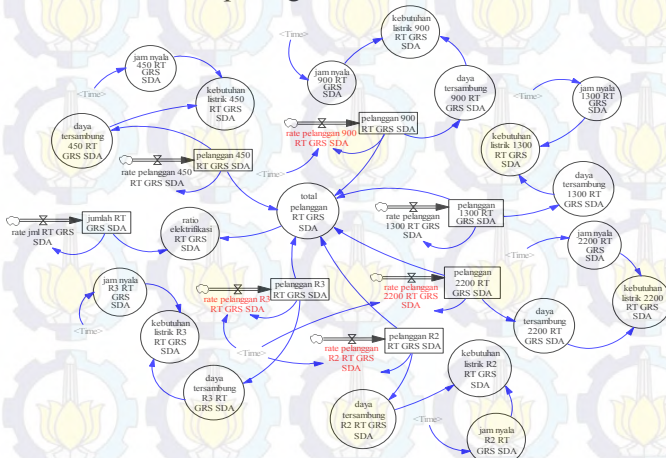
Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—7 Formula pada skenario pesimistis area Pamekasan

Nama variabel	Formula
rate pelanggan R2 RT PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.089*pelanggan R2 RT PKS), (0.005*pelanggan R2 RT PKS))
rate pelanggan R3 RT PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.236*pelanggan R3 RT PKS), (0.002*pelanggan R3 RT PKS))

h. Area Gresik Sidoarjo

Pada area ini, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Perubahan ini ditentukan dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.

**Gambar 5.1-9 Skenario parameter pesimistis area Gresik Sidoarjo**

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

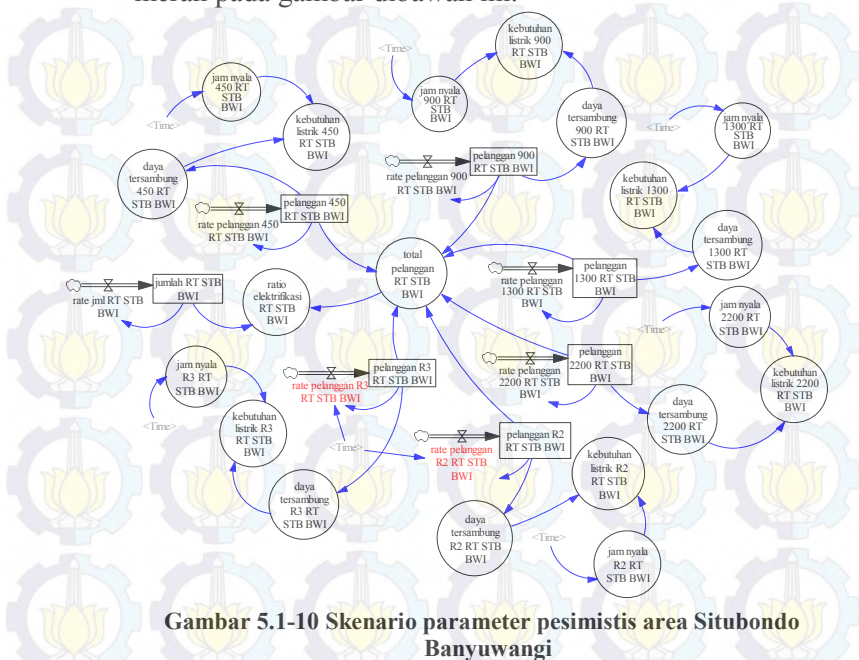
Tabel 5.1—8 Formula pada skenario pesimistis area Gresik Sidoarjo

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 900 RT GRS SDA	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0985*pelanggan 900 RT GRS SDA), (0.002*pelanggan 900 RT GRS SDA))
rate pelanggan 2200 RT GRS SDA	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.107*pelanggan 2200 RT GRS SDA), (0.002*pelanggan 2200 RT GRS SDA))
rate pelanggan R2 RT GRS SDA	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.134*pelanggan R2 RT GRS SDA), (0.005*pelanggan R2 RT GRS SDA))
rate pelanggan R3 RT GRS SDA	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.156*pelanggan R3 RT GRS SDA), (0.005*pelanggan R3 RT GRS SDA))

i. Area Situbondo Banyuwangi

Pada area Situbondo Banyuwangi, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Kelompok pelanggan yang mengalami perubahan merupakan kelompok pelanggan yang ke depannya diprediksikan mengalami pertumbuhan yang lebih sedikit dari tahun-tahun sebelumnya. Prediksi ini dilihat dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-

variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1-10 Skenario parameter pesimistis area Situbondo Banyuwangi

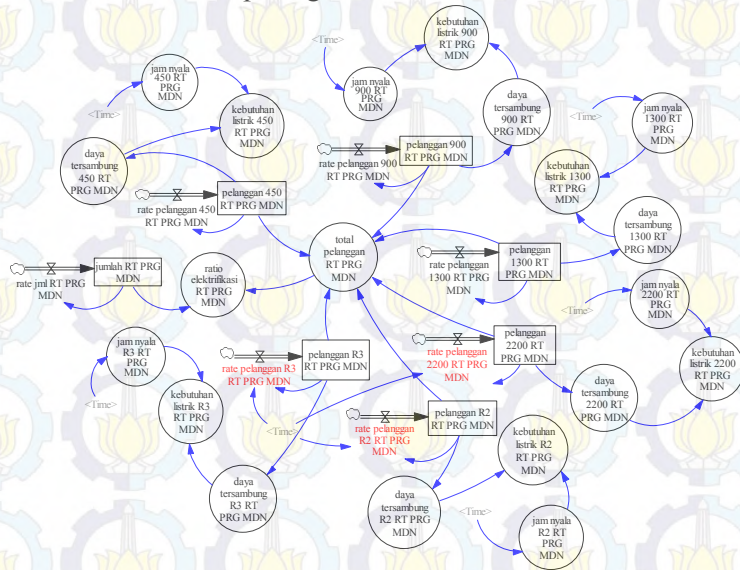
Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—9 Formula pada skenario pesimistis area Situbondo Banyuwangi

Nama variabel	Formula
rate pelanggan R2 RT STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.095*pelanggan R2 RT STB BWI), (0.005*pelanggan R2 RT STB BWI))
rate pelanggan R3 RT STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.037*pelanggan R3 RT STB BWI), (0.002*pelanggan R3 RT STB BWI))

j. Area Ponorogo Madiun

Pada area ini, terjadi perubahan pada beberapa nilai pertumbuhan kelompok pelanggan. Perubahan ini ditentukan dari rate pertumbuhan pelanggannya, rate pertumbuhan pelanggan yang memiliki nilai paling rendah atau terus menurun setiap tahunnya, maka variabel tersebut akan masuk dalam skenario pesimistis ini. Nilai-nilai yang digunakan pada skenario pesimistis ini merupakan hasil pembagian 0.03 dibagi seluruh kelompok pelanggan yang ada. Variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah pada gambar dibawah ini.



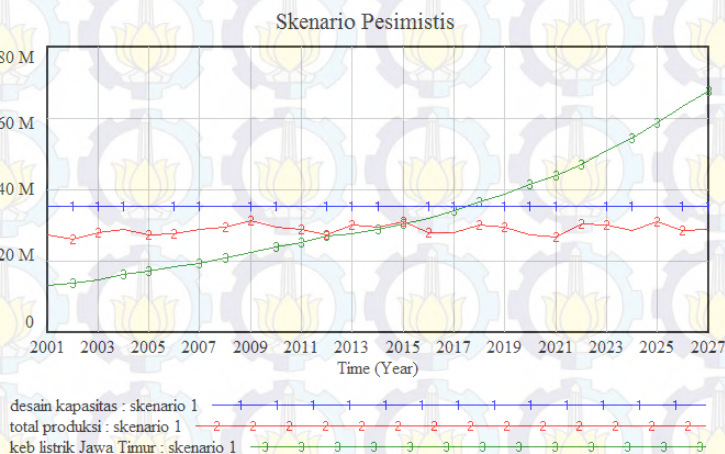
Gambar 5.1-11 Skenario parameter pesimistis area Situbondo Banyuwangi

Berikut ini adalah variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—10 Formula pada skenario pesimistis area Ponorogo Madiun

Nama variabel	Formula
rate pelanggan 2200 RT PRG MDN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.117*pelanggan 2200 RT PRG MDN), (0.0031*pelanggan 2200 RT PRG MDN))
rate pelanggan R2 RT PRG MDN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.099*pelanggan R2 RT PRG MDN), (0.0023*pelanggan R2 RT PRG MDN))
rate pelanggan R3 RT PRG MDN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.25*pelanggan R3 RT PRG MDN), (0.005*pelanggan R3 RT PRG MDN))

Setelah melakukan beberapa perubahan nilai variabel pada tiap-tiap area, maka selanjutnya model akan dijalankan sehingga menampilkan hasil yang sesuai dengan skenario parameter pesimistis yang telah dibuat. Berikut ini adalah grafik perbandingan desain kapasitas setiap kelompok sistem dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis.



Gambar 5.1-12 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis

Berdasarkan gambar 5.1-12, setelah melakukan skenario pesimistis, desain kapasitas pembangkit hingga tahun 2027 masih belum mencukupi sehingga kebutuhan listrik dari tahun 2018 tidak dapat dipenuhi seluruhnya. Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan nilai desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis.

Tabel 5.1—11 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario pesimistis

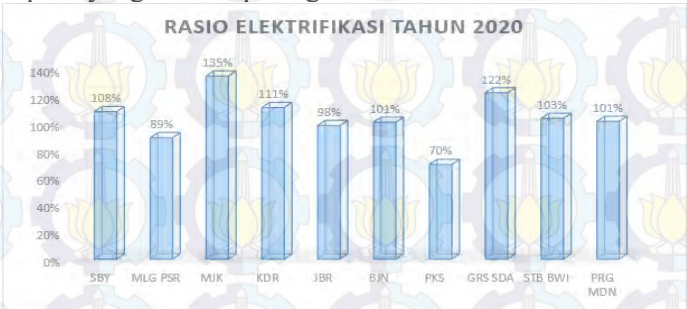
Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2001	35315100	13058200	63.02
2002	35315100	13719700	61.15
2003	35315100	14519700	58.89
2004	35315100	16131300	54.32
2005	35315100	17132900	51.49
2006	35315100	18224500	48.39
2007	35315100	19335300	45.25
2008	35315100	20627700	41.59
2009	35315100	22213000	37.10
2010	35315100	23700200	32.89
2011	35315100	25175700	28.71
2012	35315100	26787200	24.15
2013	35315100	27560500	21.96
2014	35315100	28660000	18.84
2015	35315100	30253700	14.33
2016	35315100	31892800	9.69
2017	35315100	34005900	3.71
2018	35315100	36356500	-2.95
2019	35315100	38471600	-8.94
2020	35315100	41348100	-17.08
2021	35315100	43949000	-24.45
2022	35315100	46963400	-32.98
2023	35315100	50963400	-44.31
2024	35315100	54402000	-54.05
2025	35315100	58529900	-65.74

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2026	35315100	63124100	-78.75
2027	35315100	67575900	-91.35

Nilai yang diberi warna blok kuning merupakan kebutuhan listrik yang tidak mampu dipenuhi. Kebutuhan listrik tidak bisa dipenuhi dimulai dari tahun 2018 ke atas.

5.1.1.2 Skenario Parameter Optimistis

Pada skenario parameter optimistis ini, ada beberapa nilai yang dirubah. Perubahan nilai tersebut berlaku pada diatas tahun 2012. Dengan adanya perubahan nilai tersebut, akan membuat pertumbuhan kebutuhan listrik rumah tangga menjadi lebih cepat dan harapan PLN agar setiap area di Jawa Timur memiliki rasio elektrifikasi sebanyak 100% di tahun 2020 bisa tercapai. Ketika melihat proyeksi hingga tahun 2020 pada *base model*, ada beberapa area yang belum mencapai 100% di tahun 2020, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



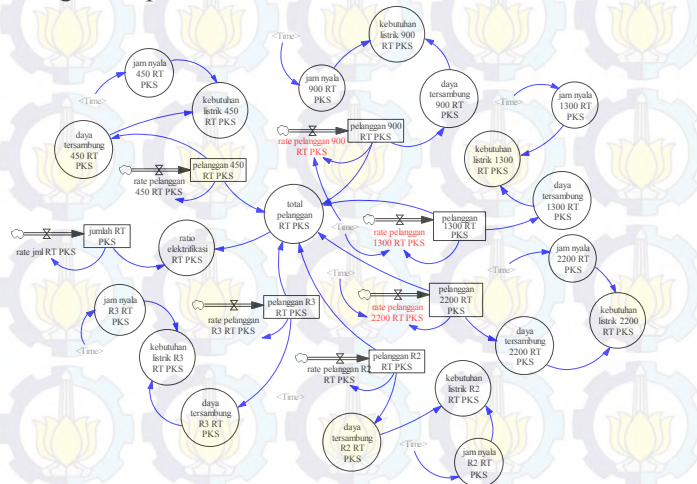
Gambar 5.1-13 Grafik rasio elektrifikasi tahun 2020

Area yang memiliki rasio elektrifikasi kurang dari 100% di tahun 2020 adalah Malang Pasuruan, Jember, dan

Pamekasan. Oleh karena itu, pada skenario parameter optimistis ini akan dibuat agar rasio elektrifikasi pada area tersebut bisa mencapai 100%. Selain itu, juga ada area yang di masa mendatang potensi pertumbuhan kebutuhan listrik rumah tangganya meningkat dari rata-rata adalah Situbondo Banyuwangi dan Bojonegoro.

a. Area Pamekasan

Area ini merupakan area yang nilai rasio elektrifikasi masih berada di bawah 100% di tahun 2020. Hal tersebut sangat bertolak belakang dengan harapan PLN, dimana di tahun 2020 seluruh area di Jawa Timur sudah memiliki rasio elektrifikasi 100%. Oleh karena itu, pada skenario optimistis ini, area Pamekasan akan di desain agar di tahun 2020 rasio elektrifikasi dapat mencapai 100%. Untuk memproyeksikannya, ada beberapa nilai variabel yang dirubah. Perubahan tersebut akan berlaku pada tahun 2012 keatas. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan diagram *flow* area Pamekasan dan variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.



Gambar 5.1-14 Skenario parameter optimistis area Pamekasan

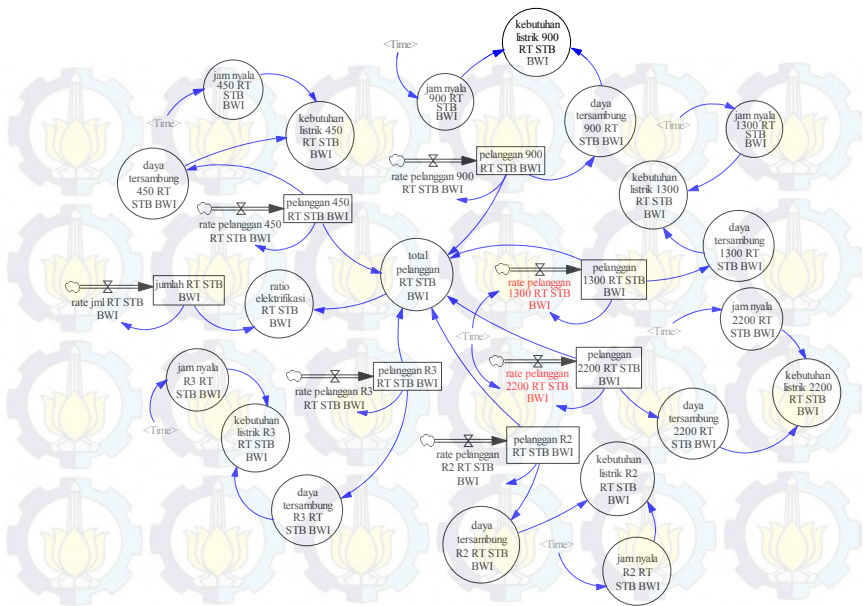
Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—12 Formula pada skenario optimistis area Pamekasan

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 900 PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.1065*pelanggan 900 RT PKS), (0.2*pelanggan 900 RT PKS))
rate pelanggan 1300 PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.036*pelanggan 1300 RT PKS), (0.08*pelanggan 1300 RT PKS))
rate pelanggan 2200 PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.092*pelanggan 2200 RT PKS), (0.12*pelanggan 2200 RT PKS))

b. Area Situbondo Banyuwangi

Area ini merupakan area yang nilai rasio elektrifikasi sudah berada di atas 100% di tahun 2020, yaitu 103%. Proyeksi rasio elektrifikasi pada area ini sudah memenuhi harapan PLN, hanya saja ada kemungkinan pertumbuhan kebutuhan listrik yang lebih banyak dari proyeksi saat ini. Oleh karena itu, pada skenario optimistis ini, area Situbondo Banyuwangi akan di desain agar pertumbuhan beberapa pelanggan akan meningkat sehingga berpengaruh pada nilai rasio elektrifikasinya. Untuk memproyeksikannya, ada beberapa nilai variabel yang dirubah. Perubahan tersebut akan berlaku pada tahun 2012 keatas. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan diagram *flow* area Situbondo Banyuwangi dan variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.



Gambar 5.1-15 Skenario parameter optimistis area Situbondo Banyuwangi

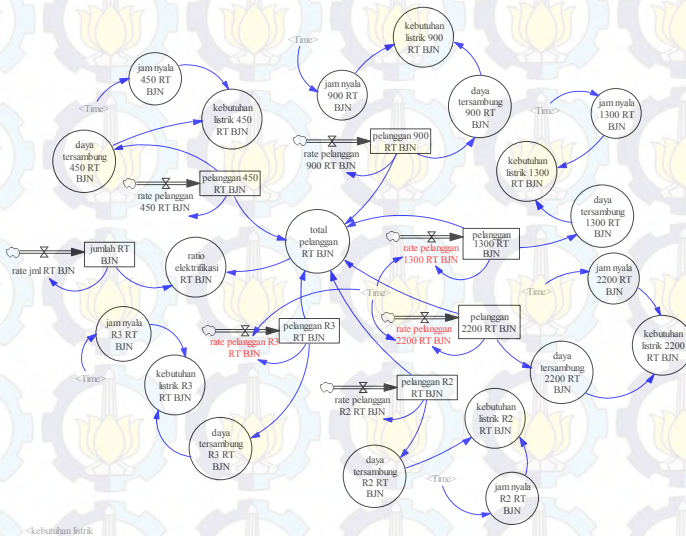
Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—13 Formula pada skenario optimistis area Situbondo Banyuwangi

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 RT STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.038*pelanggan 1300 RT STB BWI), (0.2*pelanggan 1300 RT STB BWI))
Rate pelanggan 2200 STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.097*pelanggan 2200 RT STB BWI), (0.35*pelanggan 2200 RT STB BWI))

c. Area Bojonegoro

Area ini merupakan area yang nilai rasio elektrifikasi sudah berada di atas 100% di tahun 2020, yaitu 101%. Proyeksi rasio elektrifikasi pada area ini sudah memenuhi harapan PLN, hanya saja ada kemungkinan pertumbuhan kebutuhan listrik yang lebih banyak dari proyeksi saat ini. Oleh karena itu, pada skenario optimistis ini, area Bojonegoro akan di desain agar pertumbuhan beberapa pelanggan akan meningkat sehingga berpengaruh pada nilai rasio elektrifikasinya. Untuk memproyeksikannya, ada beberapa nilai variabel yang dirubah. Perubahan tersebut akan berlaku pada tahun 2012 keatas. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan diagram *flow* area Bojonegoro dan variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.



Gambar 5.1-16 Skenario parameter optimistis area Bojonegoro

Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—14 Formula pada skenario optimistis area Bojonegoro

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 RT BJN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0477*pelanggan 1300 RT BJN), (0.1*pelanggan 1300 RT BJN))
rate pelanggan 2200 RT BJN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.1066*pelanggan 2200 RT BJN), (0.35*pelanggan 2200 RT BJN))
rate pelanggan R3 RT BJN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.19*pelanggan R3 RT BJN), (0.4*pelanggan R3 RT BJN))

d. Area Jember

Area ini merupakan area yang nilai rasio elektrifikasi masih berada di bawah 100% di tahun 2020, yaitu 98%. Hal tersebut sangat bertolak belakang dengan harapan PLN, dimana di tahun 2020 seluruh area di Jawa Timur sudah memiliki rasio elektrifikasi 100%. Oleh karena itu, pada skenario optimistis ini, area Jember akan di desain agar di tahun 2020 rasio elektrifikasi dapat mencapai 100%. Untuk memproyeksikannya, ada beberapa nilai variabel yang dirubah. Perubahan tersebut akan berlaku pada tahun 2012 keatas. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan diagram *flow* area Jember dan variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.

Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

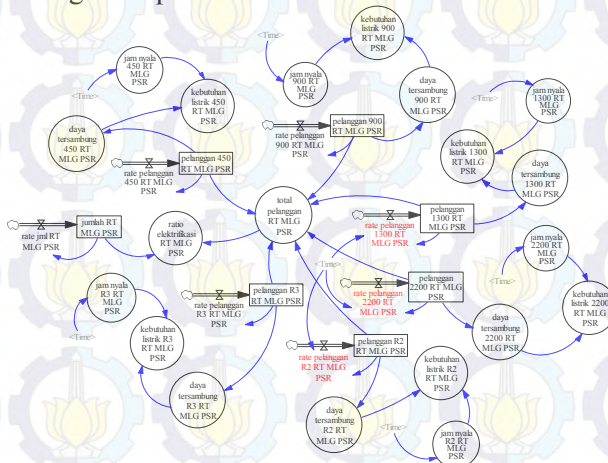
Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0142*pelanggan 1300 RT JBR), (0.1*pelanggan 1300 RT JBR))
rate pelanggan 2200 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.068*pelanggan 2200 RT JBR), (0.15*pelanggan 2200 RT JBR))
rate pelanggan R2 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.115*pelanggan R2 RT JBR), (0.15*pelanggan R2 RT JBR))

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0142*pelanggan 1300 RT JBR), (0.1*pelanggan 1300 RT JBR))
rate pelanggan 2200 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.068*pelanggan 2200 RT JBR), (0.15*pelanggan 2200 RT JBR))
rate pelanggan R2 RT JBR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.115*pelanggan R2 RT JBR), (0.15*pelanggan R2 RT JBR))

Nama Variabel	Formula
	JBR), $(0.25 * \text{pelanggan R2 RT JBR})$)
rate pelanggan R3 RT JBR	IF THEN ELSE($\text{Time} \leq 2012$, $(0.114 * \text{pelanggan R3 RT JBR})$, $(0.16 * \text{pelanggan R3 RT JBR})$)

e. Area Malang Pasuruan

Area ini merupakan area yang nilai rasio elektrifikasi masih berada di bawah 100% di tahun 2020, yaitu 89%. Hal tersebut sangat bertolak belakang dengan harapan PLN. Oleh karena itu, pada skenario optimistis ini, area Malang Pasuruan akan di desain agar di tahun 2020 rasio elektrifikasi dapat mencapai 100%. Untuk memproyeksikannya, ada beberapa nilai variabel yang dirubah. Perubahan tersebut akan berlaku pada tahun 2012 keatas. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan diagram *flow* area Malang Pasuruan dan variabel yang mengalami perubahan nilai diberi warna merah.



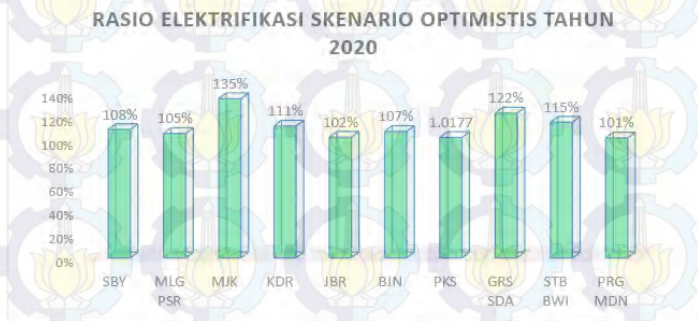
Gambar 5.1-18 Skenario parameter optimistis area Malang Pasuruan

Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—16 Formula pada skenario optimistis area Malang Pasuruan

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0478*pelanggan 1300 RT MLG PSR), (0.22*pelanggan 1300 RT MLG PSR))
rate pelanggan 2200 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.075*pelanggan 2200 RT MLG PSR), (0.17*pelanggan 2200 RT MLG PSR))
rate pelanggan R2 RT MLG PSR	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.066*pelanggan R2 RT MLG PSR), (0.12*pelanggan R2 RT MLG PSR))

Setelah variabel-variabel tersebut dirubah, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah melihat hasilnya apakah nilai rasio elektrifikasi sudah mencapai 100% atau tidak. Hasilnya adalah dengan mengubah nilai pada variabel-variabel tersebut, nilai rasio elektrifikasi tiap area di Jawa Timur pada tahun 2020 sudah mencapai 100%, seperti yang ditampilkan pada gambar berikut ini.

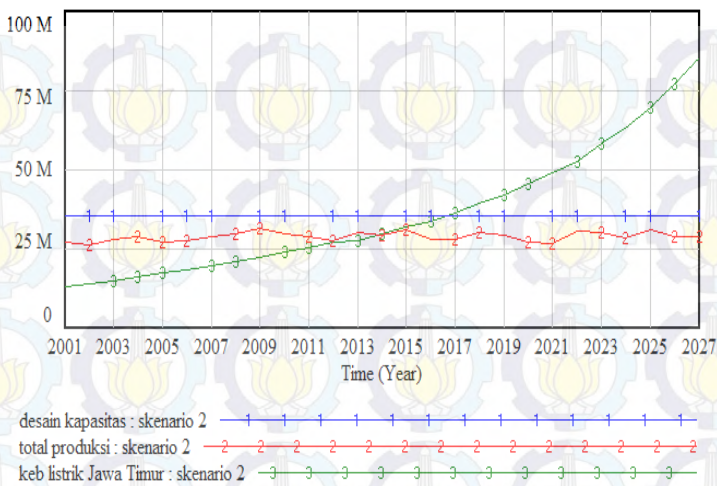


Gambar 5.1-19 Grafik Rasio Elektrifikasi Skenario Optimistis tahun 2020

Berdasarkan skenario optimistis ini, harapan PLN untuk mencapai nilai rasio elektrifikasi sebanyak 100% di seluruh area Jawa Timur bisa tercapai.

Kemudian, ini adalah grafik perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario optimistis.

Skenario Optimistis



Gambar 5.1-20 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario Optimistis

Berdasarkan gambar 5.1-21, desain kapasitas pembangkit saat ini tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik hingga tahun 2027. Desain kapasitas ini hanya bisa memenuhi kebutuhan hingga tahun 2016, sedangkan pada tahun 2017 kebutuhan listrik tidak bisa dipenuhi seluruhnya. Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan nilai desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario optimistis.

Tabel 5.1—17 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario optimistis

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2001	35315100	13058200	63.02
2002	35315100	13719700	61.15
2003	35315100	14519700	58.89

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2004	35315100	16131300	54.32
2005	35315100	17132900	51.49
2006	35315100	18224500	48.39
2007	35315100	19335300	45.25
2008	35315100	20627700	41.59
2009	35315100	22213000	37.10
2010	35315100	23700200	32.89
2011	35315100	25175700	28.71
2012	35315100	26787200	24.15
2013	35315100	27560500	21.96
2014	35315100	29628400	16.10
2015	35315100	31743200	10.11
2016	35315100	33952500	3.86
2017	35315100	36563500	-3.54
2018	35315100	39492000	-11.83
2019	35315100	42199400	-19.49
2020	35315100	45940400	-30.09
2021	35315100	49399300	-39.88
2022	35315100	53406800	-51.23
2023	35315100	58562200	-65.83
2024	35315100	63725500	-80.45
2025	35315100	69687400	-97.33
2026	35315100	76613900	-116.94
2027	35315100	83396400	-136.15

Nilai yang diberi warna blok kuning merupakan kebutuhan listrik yang tidak mampu dipenuhi. Kebutuhan listrik tidak bisa dipenuhi dimulai dari tahun 2017 ke atas.

5.1.1.3 Skenario Parameter Most Likely

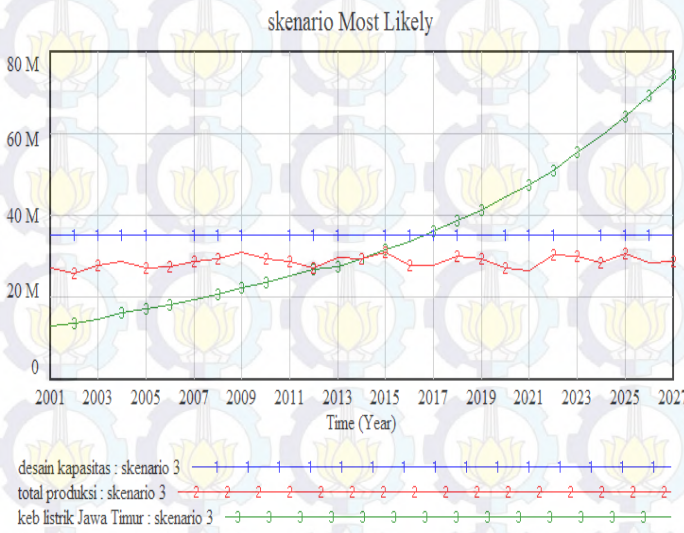
Pada skenario parameter *Most-Likely* ini, ada beberapa nilai yang dirubah pada area Situbondo Banyuwangi, Pamekasan, dan Bojonegoro. Ketiga area tersebut dipilih karena ketika dilihat pada riwayat rate pertumbuhan pelanggannya, di masa mendatang area tersebut akan mengalami pertumbuhan pelanggan yang lebih cepat dari tahun-tahun sebelumnya. Kemudian perubahan nilai pada area tersebut mengacu pada nilai rate tiap tahun dan kemudian dipilih nilai yang paling mungkin terjadi di masa mendatang. Pemilihan nilai yang paling mungkin tersebut dapat dilakukan dengan melihat seberapa banyak nilai tersebut terulang dalam kurun waktu 12 tahun (tahun 2001 – 2012). Perubahan nilai tersebut berlaku pada diatas tahun 2012. Berikut ini adalah variabel-variabel yang mengalami perubahan nilai:

Tabel 5.1—18 Formula pada skenario *Most-likely*

Nama Variabel	Formula
rate pelanggan 1300 STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.038*pelanggan 1300 RT STB BWI), (0.06*pelanggan 1300 RT STB BWI))
rate pelanggan 2200 STB BWI	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.097*pelanggan 2200 RT STB BWI), (0.15*pelanggan 2200 RT STB BWI))
rate pelanggan 2200 PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.092*pelanggan 2200 RT PKS), (0.112*pelanggan 2200 RT PKS))

rate pelanggan R2 PKS	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.089*pelanggan R2 RT PKS), (0.108*pelanggan R2 RT PKS))
rate pelanggan 1300 BJN	IF THEN ELSE(Time<=2012, (0.0477*pelanggan 1300 RT BJN), (0.075*pelanggan 1300 RT BJN))

Berikut ini adalah grafik perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario optimistis.



Gambar 5.1-21 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario *Most Likely*

Berdasarkan gambar 5.1.1-5, setelah melakukan skenario *Most Likely*, desain kapasitas pembangkit hingga tahun 2027 masih belum mencukupi sehingga kebutuhan listrik dari tahun 2017 tidak dapat dapat dipenuhi seluruhnya. Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan nilai desain

kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario *Most Likely*.

Tabel 5.1—19 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario *Most Likely*

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2001	35315100	13058200	63.02
2002	35315100	13719700	61.15
2003	35315100	14519700	58.89
2004	35315100	16131300	54.32
2005	35315100	17132900	51.49
2006	35315100	18224500	48.39
2007	35315100	19335300	45.25
2008	35315100	20627700	41.59
2009	35315100	22213000	37.10
2010	35315100	23700200	32.89
2011	35315100	25175700	28.71
2012	35315100	26787200	24.15
2013	35315100	27560500	21.96
2014	35315100	29538900	16.36
2015	35315100	31528400	10.72
2016	35315100	33597100	4.86
2017	35315100	36046900	-2.07
2018	35315100	38754200	-9.74
2019	35315100	41149000	-16.52
2020	35315100	44414000	-25.77
2021	35315100	47475400	-34.43
2022	35315100	50775800	-43.78

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2023	35315100	55353100	-56.74
2024	35315100	59200300	-67.63
2025	35315100	64017400	-81.28
2026	35315100	69177400	-95.89
2027	35315100	74249600	-110.25

5.1.2 Skenario Struktur

Pada skenario struktur ini, dilakukan penambahan variabel pada model *skenario Most-Likely*. Variabel yang ditambahkan adalah variabel yang berhubungan dengan kapasitas pembangkit dan produksi listrik di Jawa Timur. Dengan melakukan penambahan variabel tersebut, akan diketahui apakah desain kapasitas pembangkit saat ini masih bisa mencukupi kebutuhan pelanggan di masa mendatang dan seberapa banyak produksi listrik yang akan diproduksi di tahun mendatang. Fungsi yang digunakan dalam skenario parameter ini adalah fungsi IF THEN ELSE.

IF THEN ELSE ({cond}, {ontrue}, {onfalse})
--

5.1.2.1 Penambahan Kapasitas Pembangkit Listrik

Pada skenario struktur ini, dilakukan penambahan variabel-variabel pada *skenario Most-Likely*. Variabel tersebut akan berkaitan dengan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur. Penambahan variabel ini dilakukan pada desain kapasitas pembangkit karena berdasarkan *base model* dan hasil skenario parameter, desain kapasitas pembangkit masih kurang untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk tahun 2017 ke atas. Hal tersebut tidak boleh terjadi, karena berdasarkan pasal 28 dan pasal 29 Undang-Undang Nomor 30 tahun 2009 tentang

Ketenagalistrikan, “PLN selaku Pemegang Ijin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Umum wajib menyediakan tenaga listrik secara terus-menerus, dalam jumlah yang cukup dan dengan mutu dan keandalan yang baik” (PLN, 2013). Dengan demikian, PLN harus mampu melayani kebutuhan tenaga listrik saat ini maupun di masa yang akan datang agar PLN dapat memenuhi kewajiban yang diminta oleh Undang-Undang tersebut. Dalam upaya memenuhi kebutuhan listrik di masa depan, ada banyak kekayaan alam yang dapat di gunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Kekayaan alam tersebut berupa air, batubara, gas, angin, dan panas bumi, sebagai energi terbarukan.

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber air yang sangat banyak. Potensi tenaga air di Indonesia menurut *Hydro Power Potential Study* (HPPS) pada tahun 1983 adalah 73.000 MW, dan angka ini diulang kembali pada *Hydro Power Inventory Study* pada tahun 1993. Namun pada laporan *Master Plan Study for Hydro Power Development in Indonesia* oleh Nippon Koei pada tahun 2011, potensi tenaga air setelah menjalani *screening* lebih lanjut adalah 26.321 MW, yang terdiri dari proyek yang sudah beroperasi (4.338 MW), proyek yang sudah direncanakan dan sedang konstruksi (5.956 MW) dan potensi baru (16.027 MW). *Study* tersebut merekomendasikan 79 kandidat proyek PLTA di Indonesia. Dari 79 kandidat tersebut, ada 4 proyek PLTA yang berada di provinsi Jawa Timur, yaitu:

1. PLTA Kalikonto-2 dengan kapasitas 62 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2016
2. PLTA Karangates ext. tipe RES, dengan kapasitas 100 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2018

3. PLTA Grindulu-PS-3 tipe PST, dengan kapasitas 1000 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2021
4. PLTA K.Konto-PS tipe PST, dengan kapasitas 1000 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2027 (PLN, 2013)

Menurut *Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia 2012* yang diterbitkan oleh Pusdatin Kementerian ESDM pada tahun 2012, sumber daya batubara Indonesia adalah 120.3 miliar ton yang tersebar terutama di Kalimantan (64,6 miliar ton), Sumatera (55,4 miliar ton) dan daerah lainnya (0,38 miliar ton), namun cadangan batubara dilaporkan hanya 28 miliar ton (Kalimantan 14,8 miliar ton, Sumatera 13,2 miliar ton) (PLN, 2013). Karena ketersediaannya yang sangat banyak, maka diasumsikan bahwa batubara selalu tersedia untuk pembangkit listrik. Pemerintah telah menugaskan PT PLN (Persero) untuk membangun pembangkit listrik berbahan bakar batubara sebanyak kurang lebih 10.000 MW untuk memperbaiki *fuel mix* dan memenuhi kebutuhan *demand* listrik di Indonesia. Proyek ini dikenal dengan “Proyek Percepatan Pembangkit 10.000 MW”. Penugasan tersebut berdasarkan Peraturan Presiden No.71 tahun 2006 yang direvisi dengan Peraturan Presiden No.59 tahun 2009 dan Peraturan Presiden No.47 tahun 2011. Berdasarkan penugasan tersebut, PLN memiliki 49 proyek pembangunan PLTU dan 3 diantaranya berada di Jawa Timur. Proyek PLTU tersebut adalah:

1. PLTU 1 Pacitan, dengan kapasitas 2x315 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2013
2. PLTU 2 Paiton unit 9, dengan kapasitas 660 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2012
3. PLTU 3 Tanjung Awar-awar, dengan kapasitas 2x350 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating*

Date) paling cepat pada tahun 2013-2014 (PLN, 2013)

Pemerintah juga memiliki Program Percepatan Pembangunan Pembangkit Tahap 2 (FTP2) yang ditetapkan dengan peraturan Presiden No.4 Tahun 2010 jo Peraturan Presiden No.48 tahun 2011 dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 15/2010 jo Peraturan Menteri ESDM No. 01/2012 jo Peraturan Menteri ESDM No.21/2013 mempunyai kapasitas total 17.918 MW yang terdiri dari PLTU Batubara 10.870 MW, PLTP 4.965 MW, PLTG 280 MW dan PLTA 1.803 MW. Berikut ini adalah Proyek Percepatan Pembangunan Pembangkit Tahap 2 yang terdapat di Jawa Timur:

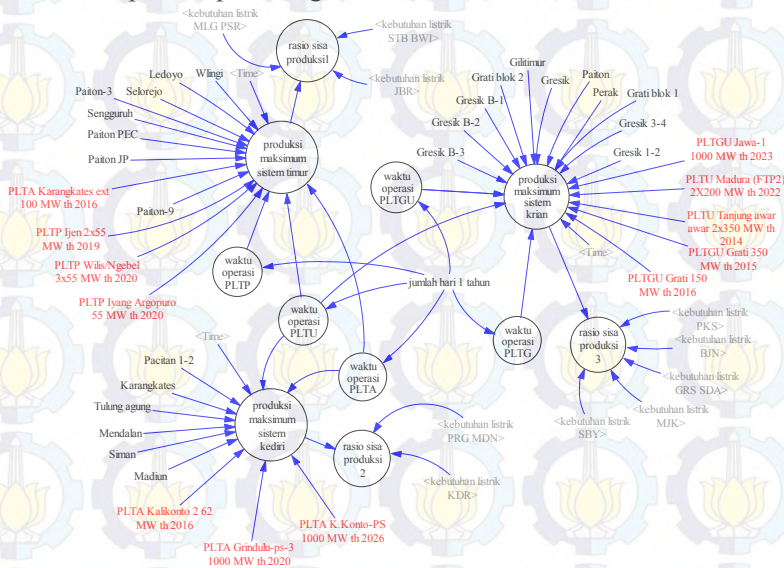
1. PLTP Ijen, dengan kapasitas 2x55 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2019
2. PLTP Iyang Argopuro, dengan kapasitas 55 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2020
3. PLTP Wilis/Ngebel, dengan kapasitas 3x55 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2019-2020
4. PLTU Madura, dengan kapasitas 2x200 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2022 (PLN, 2013)

Selain itu, ada juga proyek pembangunan pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik masa mendatang, yaitu sebagai berikut:

1. PLTGU Jawa-1, dengan kapasitas 800 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2017
2. PLTP Ijen, dengan kapasitas 2x55 MW yang dapat beroperasi (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2019

3. PLTP Wilis/Ngebel, dengan kapasitas 3x55 MW yang dapat (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2020
4. PLTP Iyang Argopuro, dengan kapasitas 55 MW yang dapat (*Commercial Operating Date*) paling cepat pada tahun 2020 (PLN, 2013)

Data-data tersebut membantu dalam penyusunan skenario struktur ini. Penambahan variabel pembangkit ditandai dengan warna merah dan penambahan variabel ini berlaku untuk tahun 2012 keatas atau sesuai dengan keterangan yang ada pada nama variabel. Berikut ini adalah hasil skenario struktur penambahan desain kapasitas pembangkit listrik.



Gambar 5.1-22 Skenario struktur penambahan desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur

Formula yang menyusun skenario struktur penambahan desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur, terlihat pada tabel 5.1-20.

Tabel 5.1—20 Formula pada skenario struktur desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur

Variabel	Formula
PLTA Karangates ext 100 MW th 2016	100
PLTP Ijen 2x55 MW th 2019	110
PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW th 2020	165
PLTP Iyang Argopuro 55 MW th 2020	55
Produksi maksimum sistem timur	$\begin{aligned} & \text{IF } (Time \leq 2015, ((\text{Ledoyo} + \text{Wlingi} + \text{Selorejo} + \text{Sengguruh}) * \text{waktu operasi PLTA}) + ((\text{Paiton PEC} + \text{Paiton JP} + \text{"Paiton-3"} + \text{"Paiton-9"}) * \text{waktu operasi PLTU}), \\ & \text{IF THEN ELSE } (Time \leq 2018, ((\text{Ledoyo} + \text{Wlingi} + \text{Selorejo} + \text{Sengguruh} + \text{PLTA Karangates ext 100 MW th 2016}) * \text{waktu operasi PLTA}) + ((\text{Paiton PEC} + \text{Paiton JP} + \text{"Paiton-3"} + \text{"Paiton-9"}) * \text{waktu operasi PLTU}), \\ & \text{IF THEN ELSE } (Time \leq 2023, ((\text{Ledoyo} + \text{Wlingi} + \text{Selorejo} + \text{Sengguruh} + \text{PLTA Karangates ext 100 MW th 2016}) * \text{waktu operasi PLTA}) + ((\text{Paiton PEC} + \text{Paiton JP} + \text{"Paiton-3"} + \text{"Paiton-9"}) * \text{waktu operasi PLTU}) + ((\text{PLTP Ijen 2x55 MW th 2019} + \text{PLTP Iyang} \end{aligned}$

Variabel	Formula
	<p>Argopuro 55 MW th 2020+"PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW th 2020")*waktu operasi PLTP), IF THEN ELSE (Time>=2024, ((Ledoyo + Wlingi + Selorejo+Sengguruh+PLTA Karangates ext 100 MW th 2016)*waktu operasi PLTA)+((Paiton PEC+Paiton JP+"Paiton-3"+"Paiton-9")*waktu operasi PLTU)+((PLTP Ijen 2x55 MW th 2019+PLTP Iyang Argopuro 55 MW th 2020+"PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW th 2020")*waktu operasi PLTP), 0))))</p>
PLTA Kalikonto 2 62 MW th 2016	62
PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW th 2020	1000
PLTA K.Konto-PS 1000 MW th 2026	1000
Produksi maksimum sistem kediri	<p>IF THEN ELSE (Time<=2012, ("Pacitan 1-2"*waktu operasi PLTU)+((Tulung agung + Siman + Mendalan+Madiun+Karangkates)*waktu operasi PLTA), IF THEN ELSE (Time<=2020, ("Pacitan 1-2"*waktu operasi PLTU)+((Tulung agung +Siman+Mendalan+Madiun+Karangkates+PLTA Kalikonto 2 62 MW th 2016)*waktu operasi PLTA), IF THEN ELSE (Time<=2025, ("Pacitan 1-2"*waktu operasi PLTU)+((Tulung agung+Siman+Mendalan+Madiun+Karangkates+PLTA Kalikonto 2 62 MW th 2016+"PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW</p>

Variabel	Formula
	th 2020")*waktu operasi PLTA), IF THEN ELSE (Time>=2026, ("Pacitan 1-2"*waktu operasi PLTU)+((Tulungagung+Siman+Mendalan+Madiun+Karangkates+PLTA Kalikonto 2 62 MW th 2016+"PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW th 2020"+"PLTA K.Konto-PS 1000 MW th 2026")*waktu operasi PLTA),0))))
PLTGU Jawa-1 1000 MW th 2023	1000
PLTU Madura (FTP2) 2X200 MW th 2022	400
PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW th 2014	700
PLTGU Grati 350 MW th 2015	350
PLTGU Grati 150 MW th 2016	150
Produksi maksimum sistem krian	IF THEN ELSE (Time<=2012, (("Gresik 1-2"+"Gresik 3-4"+Perak)*waktu operasi PLTU) + ((Gresik+Gilitimur+Grati blok 2) * waktu operasi PLTG)+(("Gresik B-1"+"Gresik B-2"+"Gresik B-3"+Grati blok 1+Paiton)*waktu operasi PLTGU), IF THEN ELSE (Time<=2014, (("Gresik 1-2"+"Gresik 3-4"+Perak+PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW th 2014)*waktu operasi PLTU) + ((Gresik+Gilitimur+Grati blok 2) * waktu operasi PLTG) + (("Gresik B-

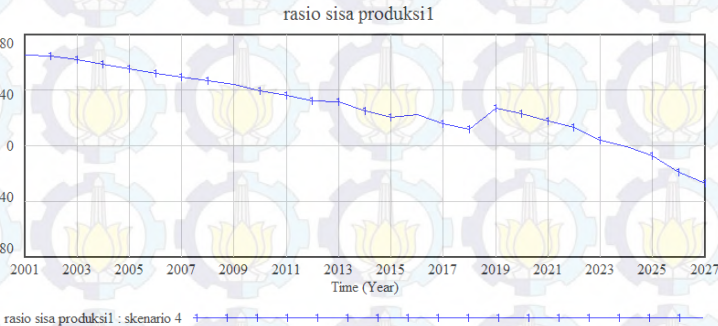
Variabel	Formula
	<p>1"+"Gresik B-2"+"Gresik B-3"+Grati blok 1+Paiton)*waktu operasi PLTGU), IF THEN ELSE (Time<=2015, (("Gresik 1-2"+"Gresik 3-4"+Perak+ PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW th 2014)*waktu operasi PLTU) + ((Gresik+Gilitimur+Grati blok 2) * waktu operasi PLTG)+(("Gresik B-1"+"Gresik B-2"+"Gresik B-3"+Grati blok 1+ PLTGU Grati 350 MW th 2015+Paiton)*waktu operasi PLTGU), IF THEN ELSE (Time<=2021, (("Gresik 1-2"+"Gresik 3-4"+Perak+ PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW th 2014)*waktu operasi PLTU) + ((Gresik+Gilitimur+Grati blok 2) *waktu operasi PLTG)+(("Gresik B-1"+"Gresik B-2"+"Gresik B-3"+Grati blok 1+Paiton+ PLTGU Grati 350 MW th 2015 + PLTGU Grati 150 MW th 2016)*waktu operasi PLTGU), IF THEN ELSE (Time>=2022, (("Gresik 1-2"+"Gresik 3-4"+Perak+ PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW th 2014 + "PLTU Madura (FTP2) 2X200 MW th 2022")*waktu operasi PLTU) + ((Gresik+Gilitimur+Grati blok 2) *waktu operasi PLTG)+(("Gresik B-1" + "Gresik B-2"+"Gresik B-3"+Grati blok 1+Paiton+ PLTGU Grati 350 MW th 2015+ PLTGU Grati 150 MW th 2016+"PLTGU Jawa-1 1000 MW th 2023")*waktu operasi PLTGU),0))))</p>

Variabel	Formula
Rasio sisa produksi 3	$((\text{produksi maksimum sistem krian} - (\text{kebutuhan listrik BJK} + \text{kebutuhan listrik GRS SDA} + \text{kebutuhan listrik MJK} + \text{kebutuhan listrik PKS} + \text{kebutuhan listrik SBY}))/\text{produksi maksimum sistem krian}) * 100$

Berikut ini adalah hasil dari penambahan pembangkit pada masing-masing kelompok sistem.

a. **Rasio Sisa Produksi1**

Rasio sisa produksi1 ini merupakan jumlah produksi yang masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik area Situbondo Banyuwangi, Malang Pasuruan, dan Jember. Apabila nilai rasio dibawah 0, hal tersebut menandakan bahwa kapasitas yang ada tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik sehingga diperlukan kapasitas pembangkit tambahan untuk memenuhi kebutuhan listrik di area Situbondo Banyuwangi dan Jember. Berikut ini adalah grafik rasio sisa produksi1.



Gambar 5.1-23 Rasio sisa produksi1

Berdasarkan gambar 5.1-23, terlihat bahwa pada tahun 2023 ke atas nilai rasio sisa produksi1 berada di bawah 0. Jadi, perencanaan pembangkit baru oleh PT PLN belum

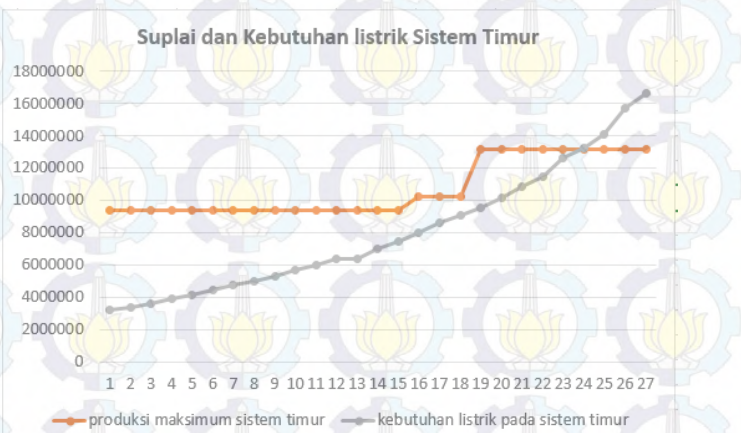
mencukupi kebutuhan listrik hingga tahun 2027. Tabel dibawah ini akan menampilkan jumlah produksi listrik maksimal dan total kebutuhan listrik yang ada pada area Situbondo Banyuwangi, Malang Pasuruan, dan Jember.

Tabel 5.1—21 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Timur

Time (Year)	produksi maksimum sistem timur	kebutuhan listrik pada sistem timur	rasio sisa produksi1
2001	9401670	3243307	65.5029
2002	9401670	3361820	64.2423
2003	9401670	3580256	61.9189
2004	9401670	3894385	58.5777
2005	9401670	4173611	55.6078
2006	9401670	4494365	52.1961
2007	9401670	4748517	49.4928
2008	9401670	5027264	46.528
2009	9401670	5277345	43.868
2010	9401670	5691442	39.4635
2011	9401670	5975685	36.4402
2012	9401670	6374836	32.1947
2013	9401670	6404927	31.8746
2014	9401670	7028420	25.2428
2015	9401670	7504140	20.1828
2016	10277700	8005620	22.1067
2017	10277700	8623490	16.0949
2018	10277700	9057500	11.8721
2019	13168500	9587880	27.1907
2020	13168500	10173680	22.7421
2021	13168500	10865000	17.4923

Time (Year)	produksi maksimum sistem timur	kebutuhan listrik pada sistem timur	rasio sisa produksi1
2022	13168500	11456540	13.0002
2023	13168500	12664680	3.82569
2024	13168500	13227550	-0.44866
2025	13168500	14122890	-7.24772
2026	13168500	15704350	-19.2569
2027	13168500	16688680	-26.7321

Perbandingan antara Produksi maksimum sistem timur dan kebutuhan listrik pada sistem timur adalah sebagai berikut:

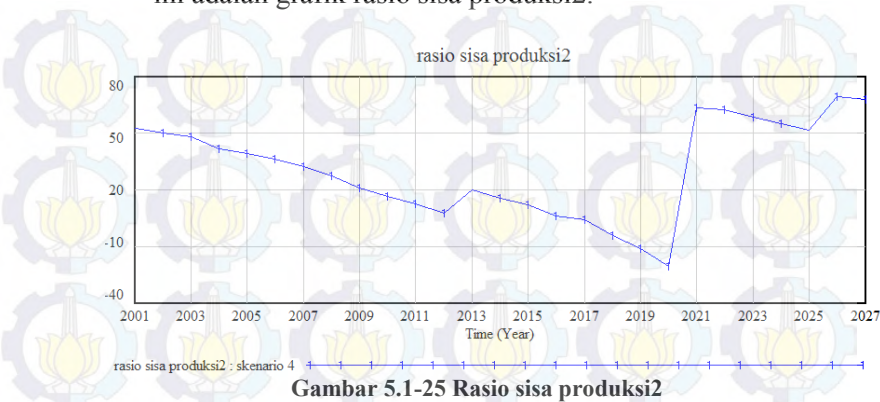


Gambar 5.1-24 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Timur

b. Rasio Sisa Produksi2

Rasio sisa produksi2 ini merupakan jumlah produksi yang masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik area Ponorogo Madiun dan Kediri. Apabila nilai rasio dibawah 0, hal tersebut menandakan bahwa kapasitas yang ada

tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik. Berikut ini adalah grafik rasio sisa produksi2.



Gambar 5.1-25 Rasio sisa produksi2

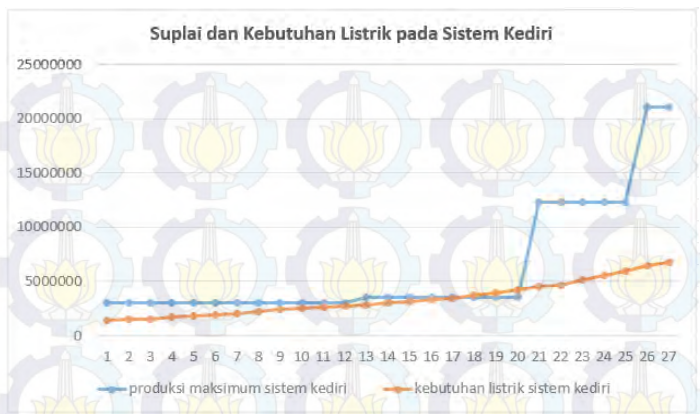
Berdasarkan gambar 5.1-25, terlihat bahwa pada tahun 2016 hingga tahun 2020, nilai rasio sisa produksi2 berada dibawah 0. Hal tersebut menandakan bahwa kapasitas pembangkit Sistem Kediri ini tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik area Ponorogo Madiun dan Kediri di tahun tersebut. Tabel dibawah ini akan menampilkan jumlah produksi listrik maksimal dan total kebutuhan listrik yang ada pada area Ponorogo Madiun dan Kediri.

Tabel 5.1—22 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Kediri

Time (Year)	produksi maksimum sistem kediri	kebutuhan listrik sistem kediri	rasio sisa produksi2
2001	2981900	1417474	52.4641
2002	2981900	1492527	49.9472
2003	2981900	1539864	48.3597
2004	2981900	1742985	41.5479
2005	2981900	1815638	39.1113
2006	2981900	1900109	36.2788

Time (Year)	produksi maksimum sistem kediri	kebutuhan listrik sistem kediri	rasio sisa produksi²
2007	2981900	2016982	32.3591
2008	2981900	2168529	27.2769
2009	2981900	2362740	20.764
2010	2981900	2484980	16.6647
2011	2981900	2613590	12.3516
2012	2981900	2753700	7.65295
2013	3525020	2821440	19.9597
2014	3525020	2969330	15.7642
2015	3525020	3103520	11.9575
2016	3525020	3301560	6.33931
2017	3525020	3381130	4.08225
2018	3525020	3681350	-4.43474
2019	3525020	3920000	-11.2048
2020	3525020	4240110	-20.2861
2021	12285000	4499870	63.3711
2022	12285000	4599040	62.5639
2023	12285000	5120690	58.3177
2024	12285000	5504190	55.1959
2025	12285000	5931150	51.7204
2026	21045000	6426810	69.4616
2027	21045000	6789830	67.7367

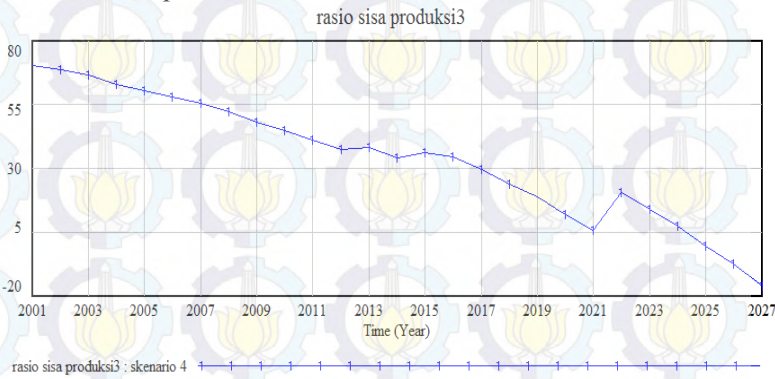
Perbandingan antara Produksi maksimum sistem Kediri dan kebutuhan listrik pada sistem Kediri adalah sebagai berikut:



Gambar 5.1-26 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Kediri

c. Rasio Sisa Produksi3

Rasio sisa produksi3 ini merupakan jumlah produksi yang masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik area Pamekasan, Bojonegoro, Gresik Sidoarjo, Mojokerto, dan Surabaya. Apabila nilai rasio dibawah 0, hal tersebut menandakan bahwa kapasitas yang ada tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik. Berikut ini adalah grafik rasio sisa produksi3.



Gambar 5.1-27 Rasio sisa produksi3

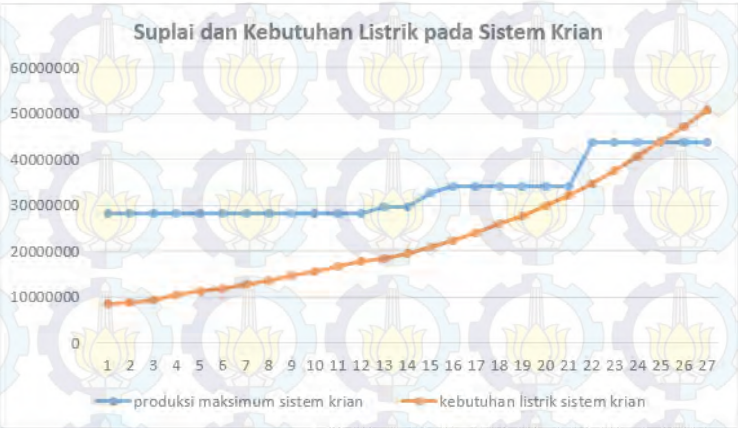
Berdasarkan gambar 5.1-25, terlihat bahwa pada tahun 2025 hingga tahun 2027, nilai rasio sisa produksinya adalah dibawah 0. Hal tersebut menandakan bahwa perencanaan pembangkit baru pada Sistem Krian tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik tahun 2025 ke atas. Tabel dibawah ini akan menampilkan jumlah produksi listrik maksimal dan total kebutuhan listrik yang ada pada area Pamekasan, Bojonegoro, Gresik Sidoarjo, Mojokerto, dan Surabaya.

Tabel 5.1—23 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Krian

Time (Year)	produksi maksimum sistem krian	kebutuhan listrik sistem krian	rasio sisa produksi3
2001	28187500	8397415	70.2087
2002	28187500	8865355	68.5486
2003	28187500	9399605	66.6532
2004	28187500	10493900	62.771
2005	28187500	11143608	60.4661
2006	28187500	11830055	58.0309
2007	28187500	12569818	55.4064
2008	28187500	13431922	52.348
2009	28187500	14572901	48.3001
2010	28187500	15523719	44.9269
2011	28187500	16586410	41.1568
2012	28187500	17658636	37.3529
2013	29720500	18334181	38.3113
2014	29720500	19541168	34.2502
2015	32786500	20920738	36.191
2016	34100500	22289912	34.6346
2017	34100500	24042257	29.4959
2018	34100500	26015323	23.7098

Time (Year)	produksi maksimum sistem krian	kebutuhan listrik sistem krian	rasio sisa produksi3
2019	34100500	27641170	18.9421
2020	34100500	30000210	12.024
2021	34100500	32110450	5.83567
2022	43736500	34720270	20.6149
2023	43736500	37567670	14.1044
2024	43736500	40468530	7.47179
2025	43736500	43963330	-0.51867
2026	43736500	47046270	-7.56765
2027	43736500	50771050	-16.084

Perbandingan antara Produksi maksimum sistem Krian dan kebutuhan listrik pada sistem Krian adalah sebagai berikut:



Gambar 5.1-28 Perbandingan Suplai dan Kebutuhan Listrik pada Sistem Krian

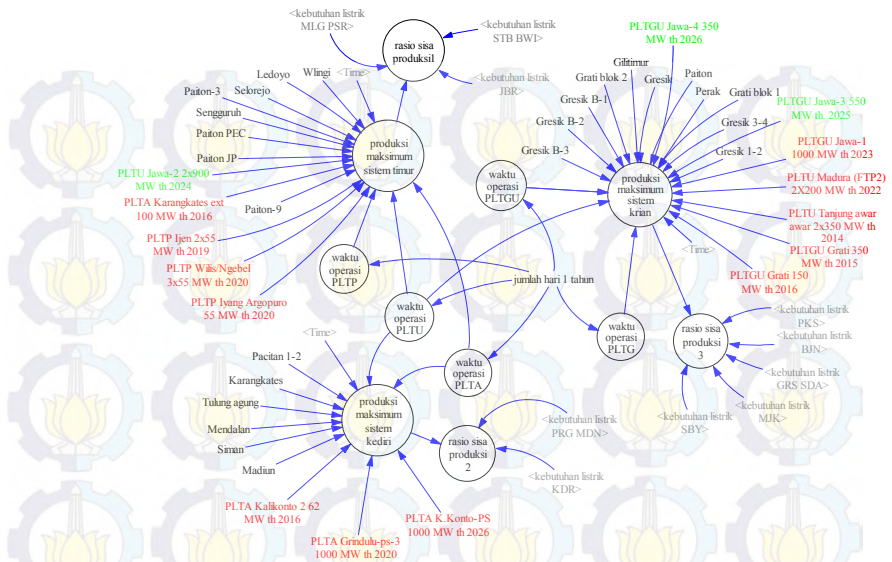
Dari ketiga rasio sisa produksi di masing-masing semua kelompok sistem pembangkit tidak dapat memenuhi kebutuhan

listrik pada tahun-tahun tertentu. Untuk memenuhi kebutuhan listrik hingga tahun 2027, maka dibutuhkan perencanaan kapasitas pembangkit tambahan. Perencanaan kapasitas pembangkit tambahan ini hanya dilakukan untuk kelompok sistem Timur dan kelompok sistem Krian. Pada kelompok sistem Kediri yang diprediksikan mengalami kekurangan listrik pada tahun 2018 - 2020 tidak diberikan pembangkit tambahan karena pada pembangkit di kelompok sistem lainnya masih tersedia sisa produksi listrik yang dapat didistribusikan untuk kebutuhan listrik kelompok sistem Kediri.

Perencanaan kapasitas pembangkit tambahan ini mengacu pada jumlah kekurangan produksi listrik pada masing-masing kelompok sistem dan juga kapasitas pembangkit yang ada saat ini. Berikut ini adalah usulan kapasitas pembangkit tambahan untuk Sistem Timur dan Sistem Krian.

- PLTU Jawa-2 2x900 MW Tahun 2024
Kapasitas pembangkit tambahan ini masuk dalam kelompok Sistem Timur dan diasumsi dapat beroperasi tahun 2024. Kapasitas pembangkit ini adalah 1800 MW.
- PLTGU Jawa-3 550 MW Tahun 2025
Kapasitas pembangkit tambahan ini masuk dalam kelompok Sistem Krian dan diasumsikan dapat beroperasi pada tahun 2025. Kapasitas pembangkit ini adalah 550 MW.
- PLTGU Jawa-4 350 MW Tahun 2026
Kapasitas pembangkit tambahan ini masuk dalam kelompok Sistem Krian dan diasumsikan dapat beroperasi pada tahun 2026. Kapasitas pembangkit ini adalah 350 MW.

Berikut ini adalah tampilan diagram flow suplai listrik dari pembangkit ke area setelah ditambahkan 3 kapasitas pembangkit usulan.

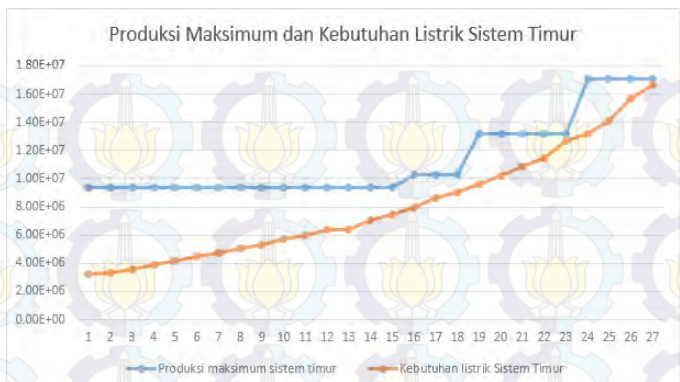


Gambar 5.1-29 Skenario struktur usulan penambahan desain kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur

Pada gambar 5.1-29 terlihat adanya variabel yang berwarna merah dan variabel yang berwarna hijau. Variabel yang berwarna merah merupakan kapasitas pembangkit berdasarkan rencana pembangunan PT PLN. Sedangkan variabel yang berwarna hijau adalah kapasitas pembangkit usulan dari penulis. Berikut ini adalah hasil perbandingan antara maksimum listrik yang dapat diproduksi oleh pembangkit dan kebutuhan listrik pada tiap sistem.

a. Kelompok Pembangkit Sistem Timur

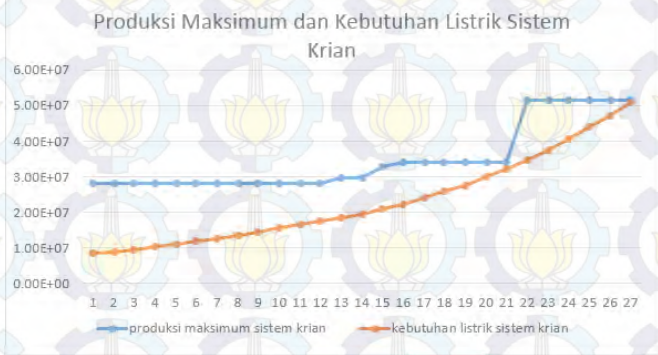
Setelah ditambahkan kapasitas pembangkit usulan, kebutuhan listrik pada area yang termasuk dalam sistem timur sudah dapat dipenuhi. Berikut ini adalah gambar perbandingan antara produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem timur.



Gambar 5.1-30 produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem timur

b. Kelompok Pembangkit Sistem Krian

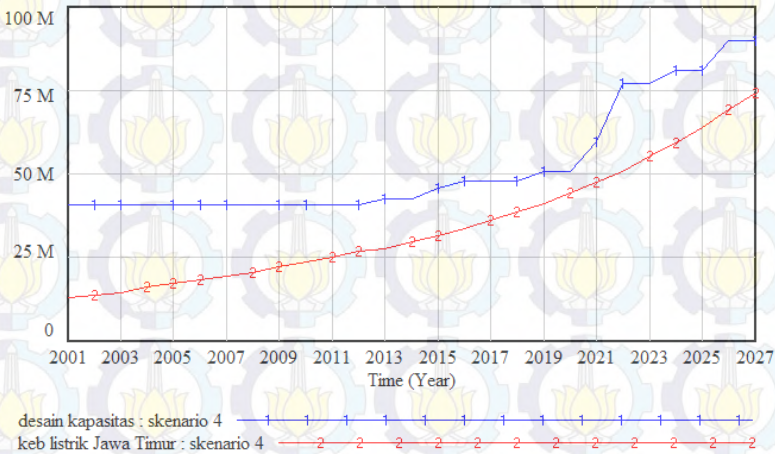
Setelah ditambahkan kapasitas pembangkit usulan, kebutuhan listrik pada area yang termasuk dalam sistem Krian sudah dapat dipenuhi. Berikut ini adalah gambar perbandingan antara produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem Krian.



Gambar 5.1-31 produksi maksimum pembangkit dan kebutuhan listrik pada sistem Krian

Berikut ini adalah grafik perbandingan Kebutuhan listrik dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur pada skenario struktur secara menyeluruh.

Skenario Struktur



Gambar 5.1-32 Grafik perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur

Berdasarkan gambar 5.1-32, setelah melakukan skenario struktur, desain kapasitas pembangkit bisa memenuhi seluruh kebutuhan listrik Jawa Timur hingga tahun 2027. Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan nilai desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur pada skenario struktur.

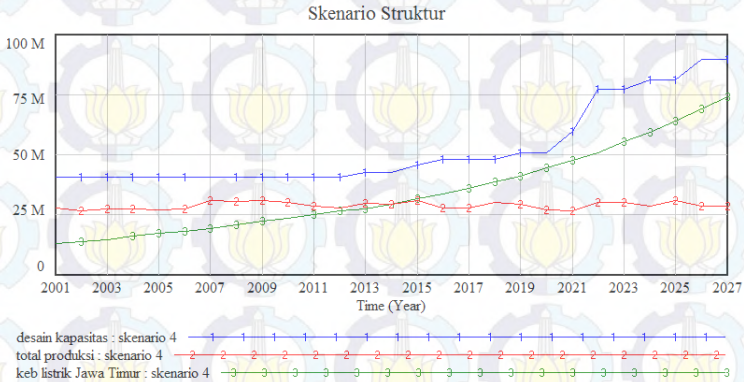
Tabel 5.1—24 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2001	40571100	13058200	67.81
2002	40571100	13719700	66.18
2003	40571100	14519700	64.21

Time (Year)	desain kapasitas	kebutuhan listrik Jawa Timur	ratio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik (%)
2004	40571100	16131300	60.24
2005	40571100	17132900	57.77
2006	40571100	18224500	55.08
2007	40571100	19335300	52.34
2008	40571100	20627700	49.16
2009	40571100	22213000	45.25
2010	40571100	23700200	41.58
2011	40571100	25175700	37.95
2012	40571100	26787200	33.97
2013	42647200	27560500	35.38
2014	42647200	29538900	30.74
2015	45713200	31528400	31.03
2016	47903200	33597100	29.86
2017	47903200	36046900	24.75
2018	47903200	38754200	19.10
2019	50794000	41149000	18.99
2020	50794000	44414000	12.56
2021	59554000	47475400	20.28
2022	77074000	50775800	34.12
2023	77074000	55353100	28.18
2024	81016000	59200300	26.93
2025	81016000	64017400	20.98
2026	89776000	69177400	22.94
2027	89776000	74249600	17.29

Hal lain yang berkaitan dengan kapasitas pembangkit dan kebutuhan listrik adalah total produksi listrik. Dimana

produksi listrik inilah yang nantinya akan memenuhi kebutuhan listrik. Ketiga hal tersebut tidak dapat terpisahkan, dan berikut ini adalah grafik perbandingan Kebutuhan listrik dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur pada skenario struktur.

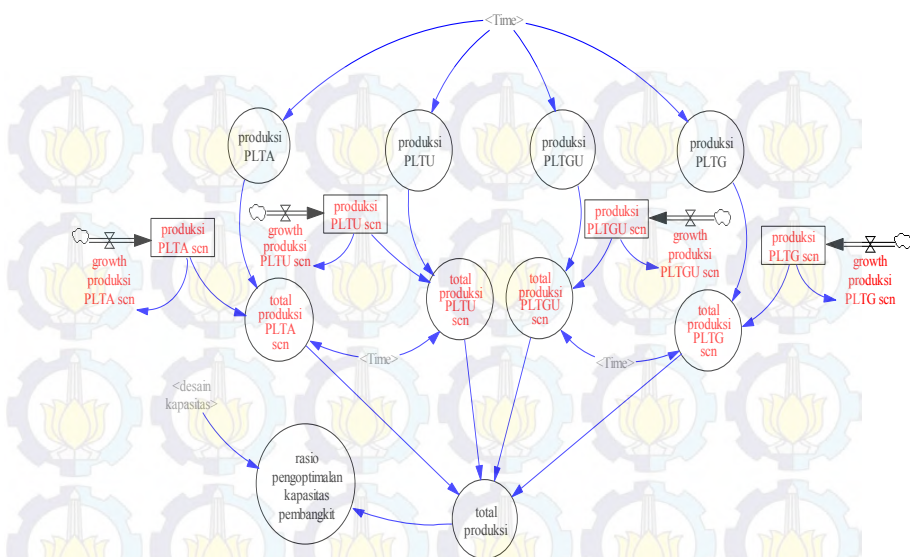


Gambar 5.1-33 Grafik perbandingan desain kapasitas, total produksi, dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur

Dari gambar tersebut terlihat bahwa total produksi untuk tahun 2014 tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur. Oleh karena itu diperlukan penambahan total produksi di masa mendatang agar semua kebutuhan listrik dapat terpenuhi.

5.1.2.2 Penambahan Variabel pada Produksi Listrik

Pada skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik ini merupakan skenario lanjutan dari skenario struktur kapasitas pembangkit listrik. Pada bagian ini, akan dilakukan penambahan variabel pada produksi listrik di masing-masing pembangkit listrik yang ada. Penambahan variabel tersebut akan berlaku setelah 2012 sehingga dapat diketahui seberapa banyak produksi listrik yang diharapkan di masa mendatang tanpa merubah nilai produksi listrik tiap pembangkit di tahun 2001 hingga tahun 2012. Berikut ini adalah penambahan variabel yang dilakukan pada model produksi listrik.



Gambar 5.1-34 Skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik di Jawa Timur

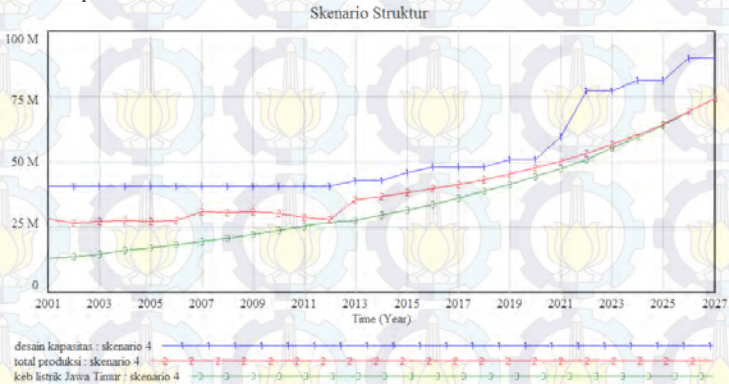
Berikut ini adalah formula yang menyusun skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik di Jawa Timur:

Tabel 5.1—25 Formula pada skenario struktur penambahan variabel pada produksi listrik di Jawa Timur

Variabel	Formula	Initial value
growth produksi PLTA scn	0.064*produksi PLTA scn	-
produksi PLTA scn	growth produksi PLTA scn	2.40372e+006
total produksi PLTA scn	IF THEN ELSE (Time<2013, produksi PLTA, produksi PLTA scn)	-

Variabel	Formula	Initial value
growth produksi PLTU scn	$0.004 * \text{produksi PLTU scn}$	-
produksi PLTU scn	growth produksi PLTU scn	$1.03562e+007$
total produksi PLTU scn	IF THEN ELSE(Time<2013, produksi PLTU, produksi PLTU scn)	-
growth produksi PLTGU scn	$0.003 * \text{produksi PLTGU scn}$	-
produksi PLTGU scn	growth produksi PLTGU scn	$1.33184e+007$
total produksi PLTGU scn	IF THEN ELSE (Time<2013, produksi PLTGU, produksi PLTGU scn)	-
growth produksi PLTG scn	$0.14 * \text{produksi PLTG scn}$	-
produksi PLTG scn	growth produksi PLTG scn	$1.20816e+006$
total produksi PLTG scn	IF THEN ELSE (Time<2013, produksi PLTG, produksi PLTG scn)	-
total produksi	total produksi PLTA scn+total produksi PLTG scn+total produksi PLTGU scn+total produksi PLTU scn	-

Berikut ini adalah grafik perbandingan kebutuhan listrik, desain kapasitas pembangkit, dan produksi listrik di Jawa Timur pada skenario struktur.



Gambar 5.1-35 Grafik perbandingan kebutuhan listrik, desain kapasitas dan produksi listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur 2

Berdasarkan gambar 5.1-35, setelah melakukan skenario struktur, produksi listrik di Jawa Timur dan desain kapasitas pembangkit mampu memenuhi seluruh kebutuhan listrik Jawa Timur hingga tahun 2027. Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan nilai desain kapasitas dan produksi listrik di Jawa Timur pada skenario struktur 2.

Tabel 5.1—26 Perbandingan desain kapasitas dan kebutuhan listrik Jawa Timur berdasarkan skenario struktur

Time (Year)	desain kapasitas (MWh)	Produksi listrik (MWh)	rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit (%)
2001	40571100	27948400	68.89
2002	40571100	26462800	65.23
2003	40571100	27240800	67.14
2004	40571100	27561900	67.93

Time (Year)	desain kapasitas (MWh)	Produksi listrik (MWh)	rasio pengoptimalan kapasitas pembangkit (%)
2005	40571100	27160200	66.94
2006	40571100	27361900	67.44
2007	40571100	30973600	76.34
2008	40571100	30564000	75.33
2009	40571100	30829000	75.99
2010	40571100	30142600	74.30
2011	40571100	28665700	70.66
2012	40571100	27820700	68.57
2013	42647200	35551400	83.36
2014	42647200	36775100	86.23
2015	45713200	38133800	83.42
2016	47903200	39645000	82.76
2017	47903200	41328200	86.27
2018	47903200	43205700	90.19
2019	50794000	45302800	89.19
2020	50794000	47648100	93.81
2021	59554000	50274200	84.42
2022	77074000	53218100	69.05
2023	77074000	56521700	73.33
2024	81016000	60233000	74.35
2025	81016000	64406000	79.50
2026	89776000	69102500	76.97
2027	89776000	74392600	82.86

5.2 Analisis Hasil Simulasi Skenario

Berdasarkan skenario parameter dan skenario struktur yang telah dilakukan sebelumnya, berikut ini adalah hasil perbandingan

dari skenario-skenario tersebut untuk mengetahui perbedaan serta kekurangannya.

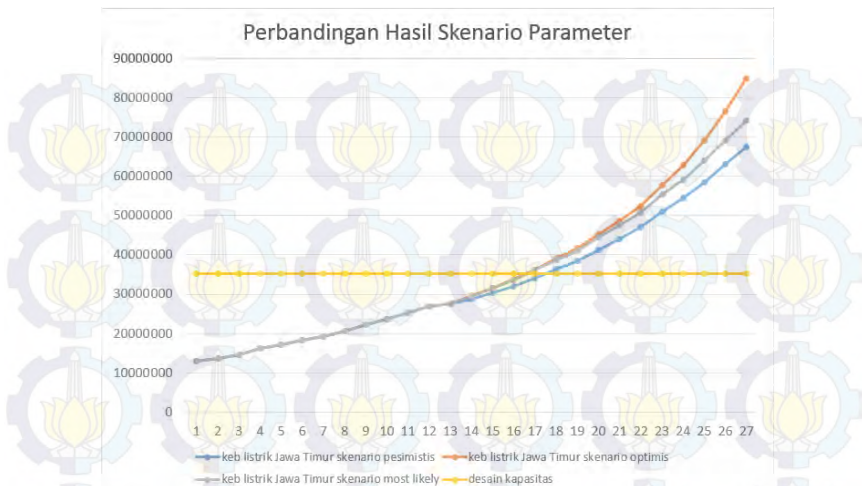
Tabel 5.2—1 Perbandingan hasil skenario

Tipe Skenario	Rata-rata pertumbuhan kebutuhan (%)	Penambahan desain kapasitas pembangkit	Kondisi desain kapasitas pembangkit
Pesimistis	6.53	Tidak ada	Defisit dimulai pada tahun 2018.
Optimistis	7.48	Tidak ada	Defisit dimulai pada tahun 2017.
<i>Most-likely</i>	6.92	Tidak ada	Defisit dimulai pada tahun 2017.
Struktur	6.92	PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW, PLTU Madura (FTP2) 2x200 MW, PLTP Ijen 2x55 MW, PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW, PLTP Iyang Argopuro 55 MW, PLTGU Grati 350 MW, PLTGU	Cukup hingga tahun 2027

		Grati 150 MW, PLTGU Jawa-1 800 MW, PLTA Kalikonto 2 62 MW, PLTA Karangates ext 100 MW, PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW, PLTA K.Konto-PS 1000 MW, PLTU Jawa- 2 2x900 MW Tahun 2024, PLTGU Jawa-3 550 MW Tahun 2025, dan PLTGU Jawa-4 350 MW Tahun 2026	
--	--	---	--

Dari perbandingan hasil skenario tersebut, dapat diketahui bahwa desain kapasitas pembangkit saat ini tidak dapat mencukupi kebutuhan listrik di Jawa Timur pada tahun 2017-2027. Dengan kondisi tersebut, sangat diperlukan untuk menambah desain kapasitas pembangkit. Dengan menggunakan skenario struktur, desain kapasitas pembangkit akan bertambah dan kebutuhan listrik di Jawa Timur pun dapat terpenuhi.

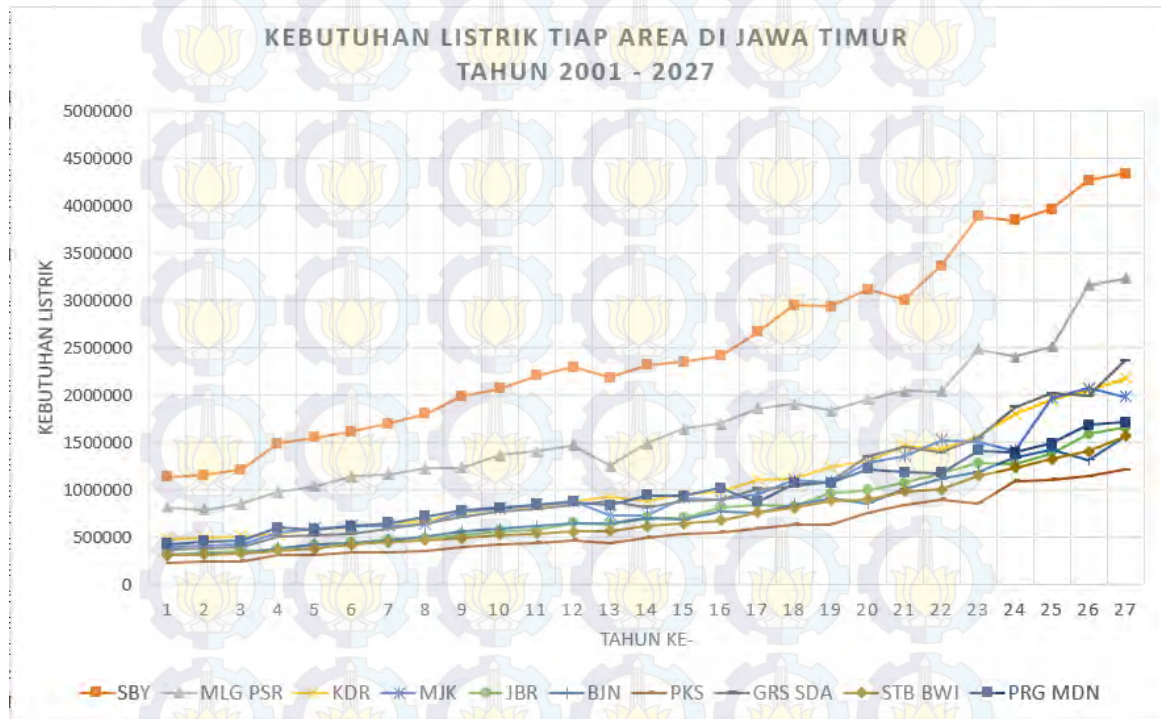
Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan perbandingan hasil skenario parameter.



Gambar 5.2-1 Perbandingan hasil skenario parameter

5.2.1 Kebutuhan Listrik Rumah Tangga di Jawa Timur

Kebutuhan listrik rumah tangga setiap tahunnya sudah pasti bertambah banyak. Hal tersebut dipengaruhi oleh perkembangan jaman yang semakin hari semakin banyak peralatan rumah tangga berlistrik sehingga di masa mendatang akan semakin bergantung dengan energi listrik. Seperti hasil simulasi total kebutuhan listrik rumah tangga untuk sepuluh area di Jawa Timur pada tahun 2027 sebanyak 74249600 MWh atau 74249.6 GWh. Dimana setiap area di Jawa Timur memiliki jumlah kebutuhan listrik rumah tangga yang berbeda-beda, tergantung dengan jumlah pelanggan dan jumlah penduduknya. Berikut ini adalah grafik kebutuhan listrik rumah tangga untuk tiap area di Jawa Timur berdasarkan skenario *Most-Likely*.

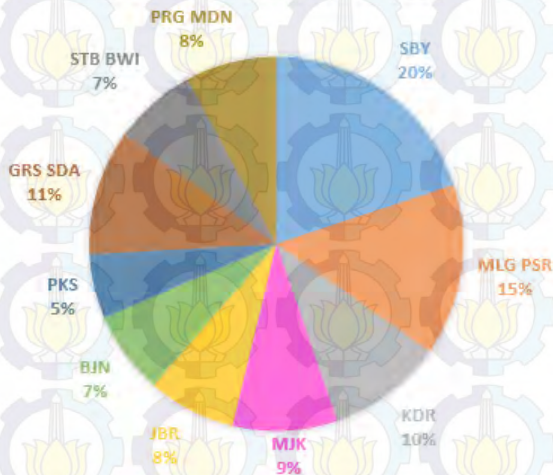


Gambar 5.2-2 Kebutuhan listrik tiap area di Jawa Timur tahun 2001 - 2027

Berdasarkan gambar 5.2-2 terlihat bahwa kebutuhan listrik tiap area di Jawa Timur bersifat *trend* yang nilainya selalu meningkat, walaupun ada beberapa tahun terjadi penyusutan kebutuhan listrik. Tiap area memiliki kebutuhan listriknya masing-masing yang jumlahnya tidak sama dengan area lainnya. Area Surabaya merupakan area yang selalu memiliki kebutuhan listrik paling banyak di Jawa Timur. Area Malang Pasuruan merupakan area dengan jumlah kebutuhan listrik terbanyak ke-2 di Jawa Timur dan Area Pamekasan merupakan area dengan kebutuhan listrik paling sedikit di Jawa Timur (detail jumlah kebutuhan listrik area di Jawa Timur terdapat di lampiran C Data Hasil Skenariosasi).

Pada analisis kebutuhan listrik Rumah Tangga ini dibatasi hingga tahun 2027 saja, dan berikut ini adalah rasio kebutuhan listrik rumah tangga setiap area di Jawa Timur pada tahun 2027 berdasarkan skenario *Most-Likely*.

KEBUTUHAN LISTRIK RUMAH TANGGA DI JAWA TIMUR TAHUN 2027

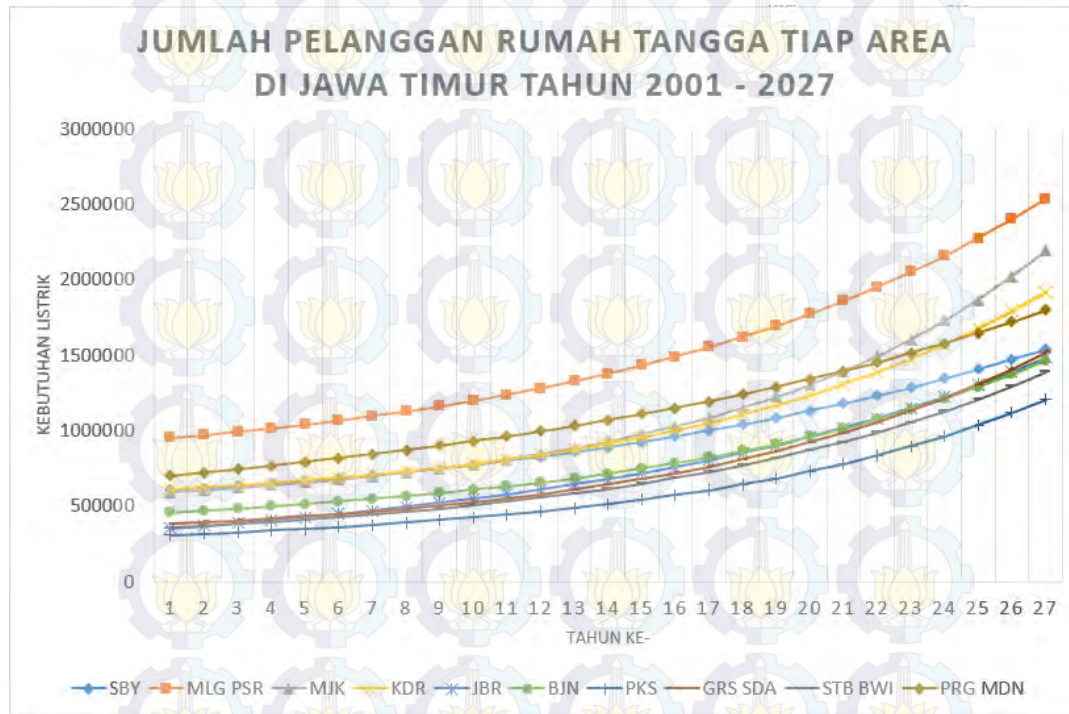


Gambar 5.2-3 Rasio kebutuhan listrik rumah tangga setiap area di Jawa Timur tahun 2027

Berdasarkan gambar 5.2-3, dapat diketahui bahwa sebanyak 20% dari kebutuhan listrik rumah tangga di Jawa Timur berasal dari Surabaya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya penduduk di Surabaya, padatnya wilayah Surabaya dengan permukiman, dan tingkat ekonomi yang tinggi sehingga memiliki nilai kebutuhan listrik rumah tangga yang paling banyak dari area lainnya. Area yang memiliki kebutuhan paling sedikit di Jawa Timur adalah Pamekasan dengan jumlah 5% dari total kebutuhan listrik rumah tangga di Jawa Timur.

5.2.2 Pelanggan Rumah Tangga di Jawa Timur

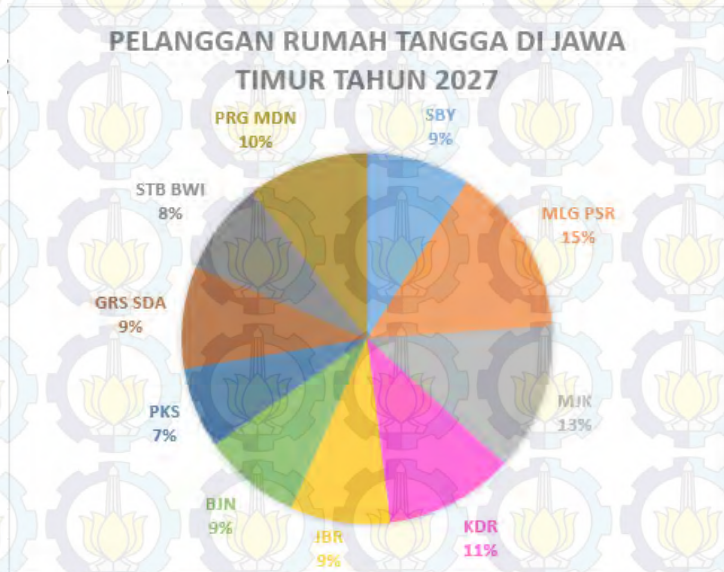
Pelanggan rumah tangga merupakan penduduk yang menjadi pelanggan PLN untuk mendapatkan energi listrik. Masing-masing area di Jawa Timur memiliki jumlah pelanggan rumah tangga yang beragam. Dimana jumlah pelanggan rumah tangga ini dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan infrastruktur yang ada. Jumlah pelanggan rumah tangga ini akan sangat berkaitan dengan kebutuhan listrik pada suatu area. Semakin banyak pelanggan rumah tangga, maka semakin banyak pula total daya tersambung dan kebutuhan listrik rumah tangganya. Berikut ini adalah pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga pada tiap area di Jawa Timur berdasarkan skenario *Most-Likely*.



Gambar 5.2-4 Jumlah pelanggan rumah tangga tiap area di Jawa Timur tahun 2001 – 2027

Berdasarkan gambar 5.2-4 terlihat bahwa pelanggan rumah tangga tiap area di Jawa Timur selalu meningkat setiap tahunnya. Area Malang Pasuruan merupakan area yang selalu memiliki jumlah pelanggan rumah tangga paling banyak setiap tahunnya di Jawa Timur dan area Pamekasan merupakan area dengan jumlah pelanggan rumah tangga paling sedikit setiap tahunnya (detail jumlah kebutuhan listrik area di Jawa Timur terdapat di lampiran C Data Hasil Skenariosasi).

Analisis pelanggan rumah tangga dibatasi hingga tahun 2027 saja, dan berikut ini adalah rasio pelanggan rumah tangga setiap area di Jawa Timur pada tahun 2027 berdasarkan skenario *Most-Likely*.



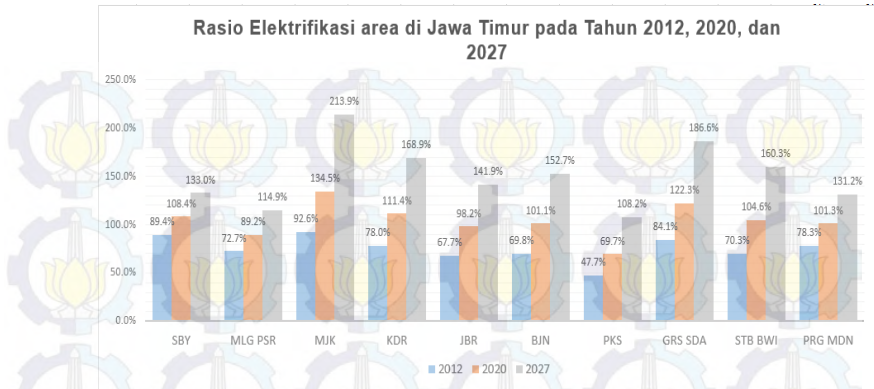
Gambar 5.2-5 Rasio pelanggan rumah tangga seluruh area di Jawa Timur Tahun 2027

Berdasarkan gambar 5.2-5, pelanggan rumah tangga yang paling banyak pada tahun 2027 adalah Malang Pasuruan (MLG PSR) dengan jumlah 15% dari total pelanggan rumah tangga

di Jawa Timur. Hal tersebut dipengaruhi oleh luas wilayah Malang Pasuruan yang paling luas dibandingkan dengan area lainnya. Area yang memiliki pelanggan rumah tangga paling sedikit adalah area Pamekasan (PKS), yaitu sebanyak 7% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur. Hal tersebut dikarenakan banyak penduduk yang lebih memilih untuk tinggal di daerah lain dan menetap di daerah lain karena bekerja disana. Sedangkan area Surabaya merupakan area dengan luas wilayah paling kecil di Jawa Timur memiliki jumlah pelanggan sebanyak 9%. Hal tersebut dikarenakan area Surabaya merupakan ibukota Jawa Timur yang memiliki banyak lapangan pekerjaan dan kesempatan untuk mengembangkan bakat dan keterampilan. Oleh karena itu, banyak orang dari daerah lain menetap di Surabaya dan mendaftarkan diri menjadi pelanggan rumah tangga area Surabaya agar rumahnya dapat teraliri listrik.

5.2.3 Rasio Elektrifikasi di Jawa Timur

Rasio elektrifikasi merupakan perbandingan antara jumlah rumah tangga dan jumlah rumah tangga yang teraliri listrik di suatu daerah. Setiap daerah memiliki rasio elektrifikasi yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh infrastruktur yang menunjang pemasangan listrik dan lokasi daerah (kondisi geografis). Semakin sedikitnya infrastruktur penunjang pemasangan listrik dan sulitnya medan pada daerah tersebut maka rasio elektrifikasi pada daerah tersebut akan semakin kecil. Harapan PLN adalah seluruh rumah tangga di wilayah perkotaan hingga wilayah pelosok dapat teraliri listrik sehingga rasio elektrifikasi mencapai 100% di tahun 2020. Dengan begitu, seluruh wilayah akan dapat menikmati listrik dan terbebas dari kegelapan. Berikut ini adalah perbandingan rasio elektrifikasi area di Jawa Timur pada tahun 2012, 2020 dan 2027 dengan menggunakan skenario *Most-Likely*.

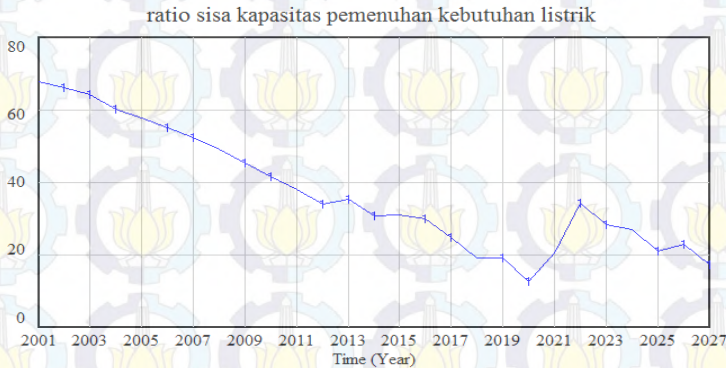


Gambar 5.2-6 Rasio elektrifikasi area di Jawa Timur pada Tahun 2012, 2020, dan 2027

Pada gambar 5.2-6 sangat terlihat perbedaan antara rasio elektrifikasi di tahun 2012, 2020, dan tahun 2027. Pada tahun 2012, seluruh area di Jawa Timur belum ada yang memiliki rasio elektrifikasi sebanyak 100%. Hal tersebut menandakan bahwa pada tahun 2012, belum semua rumah tangga teraliri listrik, bahkan area Pamekasan masih memiliki rasio elektrifikasi yang rendah, yaitu 48%. Pada tahun 2020, ternyata masih ada daerah yang nilai ratio elektrifikasinya belum mencapai 100%, yaitu Malang Pasuruan, Jember, dan Pamekasan. Kemudian, berdasarkan hasil skenario *most-likely*, di tahun 2027 seluruh area di Jawa Timur memiliki rasio elektrifikasi melebihi 100%. Hal tersebut menandakan bahwa jumlah rumah yang teraliri listrik lebih banyak dari jumlah rumah tangga yang ada. Jadi seluruh rumah tangga sudah teraliri listrik, bahkan ada beberapa rumah tangga yang memiliki rumah lebih dari satu. Hal tersebut mencerminkan bahwa di masa mendatang perekonomian masyarakat akan semakin membaik.

5.2.4 Rasio Sisa Kapasitas Pembangkit untuk memenuhi Kebutuhan Listrik pada Tahun 2001 – 2027

Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan rasio sisa kapasitas pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur.



Gambar 5.2-7 Rasio sisa kapasitas pembangkit tahun 2001 hingga tahun 2027

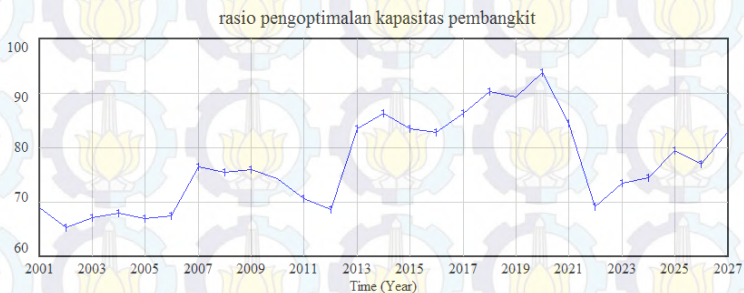
Berdasarkan gambar 5.2-7, terlihat proyeksi sisa kapasitas pembangkit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Sisa kapasitas pembangkit merupakan kapasitas yang masih bisa digunakan untuk memproduksi listrik di masa mendatang. Apabila sisa kapasitas pembangkit masih banyak, hal itu menandakan bahwa desain kapasitas pembangkit itu masih cukup digunakan untuk memproduksi listrik di masa mendatang dan belum diperlukan desain kapasitas pembangkit yang baru. Namun, apabila sisa kapasitas pembangkit sedikit berarti, desain kapasitas tersebut tidak cukup di masa depan karena kebutuhan listrik akan selalu meningkat.

Di Jawa Timur, dari tahun ke tahun sisa desain kapasitas yang tersedia semakin sedikit, sedangkan kebutuhan listrik akan selalu bertambah sehingga dapat dipastikan desain kapasitas hingga tahun 2027 ini tidak akan cukup untuk memproduksi listrik yang cukup memenuhi kebutuhan listrik

diatas tahun 2027. Oleh karena itu, ke depannya perlu direncanakan kembali desain kapasitas pembangkit tambahan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

5.2.5 Rasio Pengoptimalan Pembangkit pada Tahun 2001 – 2027

Rasio Pengoptimalan Pembangkit ini merupakan perbandingan antara total produksi listrik dan desain kapasitas pembangkit yang ada. Setiap tahunnya memiliki rasio pengoptimalan pembangkit yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi dengan ketersediaan pembangkit dan kebutuhan listrik yang ada. Semakin banyak produksi listrik yang dilakukan, maka semakin optimal penggunaan pembangkit tersebut. Dengan begitu, maka biaya operasional perawatan pembangkit akan sebanding dengan apa yang dihasilkan. Apabila semakin sedikit produksi listrik yang dilakukan, maka semakin tidak optimal penggunaan pembangkit tersebut. Hal tersebut berkaitan dengan desain kapasitas yang banyak seharusnya dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menghasilkan listrik dan memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Berikut ini adalah rasio pengoptimalan pembangkit listrik di Jawa Timur pada tahun 2001 hingga tahun 2027 dengan menggunakan skenario struktur 2.

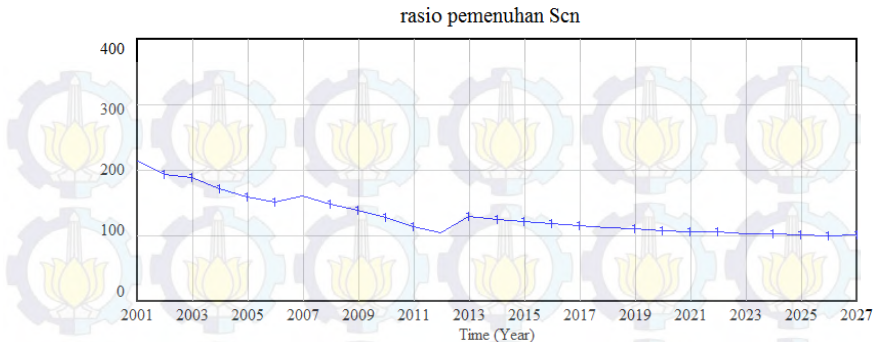


Gambar 5.2-8 Grafik rasio pengoptimalan pembangkit listrik

Berdasarkan gambar 5.2-9 tersebut terlihat bahwa rasio pengoptimalan pembangkit listrik bersifat stasioner. Hal tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan listrik dan ketersediaan sumber daya yang ada. Dalam kurun waktu 27 tahun, penggunaan pembangkit listrik dengan sangat optimal, sangat jarang terjadi. Nilai rata-rata pengoptimalan pembangkit listrik adalah 75% hingga 85%, dan berdasarkan proyeksi yang telah dilakukan, pengopimalan pembangkit bernilai hampir 100% itu akan terjadi pada tahun 2018, 2019, dan 2020.

5.2.6 Rasio Pemenuhan Kebutuhan Listrik di Jawa Timur pada Tahun 2001-2027

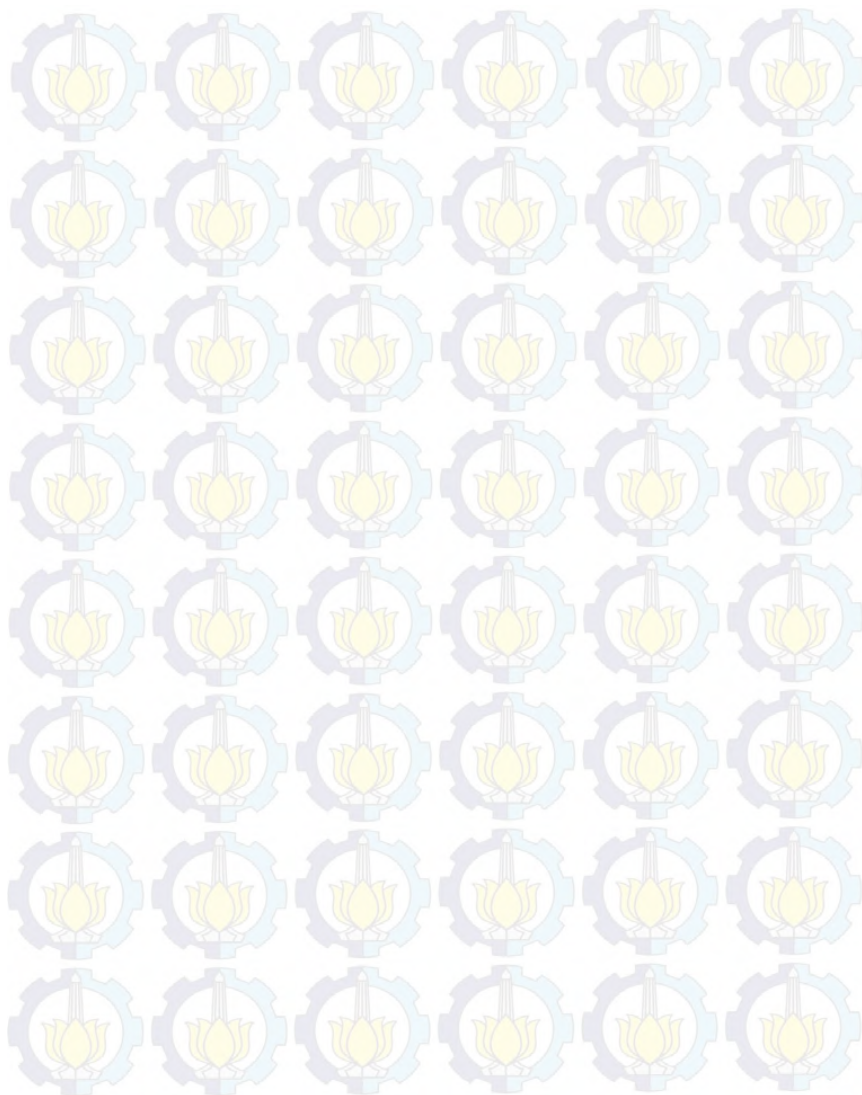
Rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur ini merupakan perbandingan antara total produksi listrik dan kebutuhan listrik yang ada. Apabila rasio pemenuhan kebutuhan listrik melebihi 100%, hal tersebut menandakan bahwa hasil produksi listrik lebih besar dari kebutuhan listrik yang ada sehingga terdapat hasil produksi listrik yang tidak digunakan. Namun, apabila nilai rasio pemenuhan kebutuhan listrik kurang dari 100%, hal tersebut menandakan bahwa hasil produksi listrik tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik yang ada. Berikut ini adalah rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur pada tahun 2001 hingga tahun 2027 dengan menggunakan skenario struktur 2.



Gambar 5.2-9 Grafik rasio pemenuhan kebutuhan listrik scn

Berdasarkan gambar 5.2-10, terlihat bahwa pada tahun 2001 hingga tahun 2011 rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur melebihi 100%, berarti pada tahun 2001 hingga tahun 2011, hasil produksi listrik melebihi kebutuhan listrik yang ada. Berdasarkan data statistik PLN, hasil produksi listrik dari suatu daerah yang tidak digunakan seluruhnya, dapat didistribusikan ke wilayah provinsi lain untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik pada provinsi tersebut. Kemudian Pada tahun 2012, rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur, mencapai nilai 100%, hal tersebut menandakan bahwa antara produksi listrik dan kebutuhan listrik seimbang. Pada proyeksi rasio pemenuhan kebutuhan listrik tahun 2013 hingga tahun 2027, rasio pemenuhan listrik juga berada pada nilai $\geq 100\%$, berarti selama tahun tersebut, kemungkinan adanya kebutuhan listrik yang tidak terpenuhi sangat sedikit.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB VI PENUTUP

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan yang lebih baik.

6.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan tahapan-tahapan pengerjaan tugas akhir:

1. Urutan kebutuhan listrik rumah tangga berdasarkan *base model* (data 2001-2012), dengan jumlah paling banyak hingga paling sedikit di tahun 2012 sebagai berikut Surabaya (2298940 MWh), Malang Pasuruan (1469180 MWh), Kediri (883968 MWh), Mojokerto (879062 MWh), Ponorogo Madiun (873613 MWh), Gresik Sidoarjo (837564 MWh), Jember (653173 MWh), Bojonegoro (647729 MWh), Situbondo Banyuwangi (564223 MWh), dan Pamekasan (468239 MWh). Dimana perbedaan kebutuhan listrik tersebut dipengaruhi oleh jumlah pelanggan, daya tersambung, jam nyala, dan kondisi geografis.
2. Urutan total kebutuhan listrik berdasarkan skenario *most-likely* dengan rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik per tahun sebanyak 6.9%, urutan kebutuhan listrik dengan jumlah paling banyak hingga paling sedikit di tahun 2027 sebagai berikut Surabaya (4341750 MWh), Malang Pasuruan (3238110 MWh), Gresik Sidoarjo (2368450 MWh), Kediri (2177770 MWh), Mojokerto (1982930 MWh), Ponorogo Madiun (1714650 MWh), Jember (1660760 MWh), Situbondo Banyuwangi (1566020 MWh), Bojonegoro (1565620 MWh), dan Pamekasan (1214020 MWh).

3. Jumlah pelanggan rumah tangga yang paling banyak pada tahun 2027 adalah Malang Pasuruan (MLG PSR) dengan jumlah 15% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur. Hal tersebut dipengaruhi oleh luas wilayah Malang Pasuruan yang paling luas dibandingkan dengan area lainnya. Area yang memiliki pelanggan rumah tangga paling sedikit adalah area Pamekasan (PKS), yaitu sebanyak 7% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur.
4. Pada skenario optimistis (laju pertumbuhan pertahun 7.4%), rasio elektrifikasi dapat mencapai 100% di semua area pada tahun 2020, sedangkan pada skenario pesimistis (laju pertumbuhan pertahun 6.53%) dan *most-likely* (laju pertumbuhan pertahun 6.9%) ada beberapa area yang belum mencapai 100% di tahun 2020. Area-area yang belum mencapai 100% pada skenario *pesimistis* adalah Surabaya (86%), Malang Pasuruan (56%), Mojokerto (88%), Kediri (72%), Jember (87%), Bojonegoro (63%), Pamekasan (69%), dan Gresik Sidoarjo (85%). Area-area yang belum mencapai 100% pada skenario *most-likely* adalah Malang Pasuruan (89%), Jember (98%), dan Pamekasan (69%).
5. Kapasitas pembangkit saat ini tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik di tahun 2017. Agar bisa memenuhi kebutuhan di masa mendatang, maka diperlukan penambahan kapasitas pembangkit. Penambahan kapasitas pembangkit dilakukan dengan cara membangun pembangkit PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW, PLTU Madura (FTP2) 2x200 MW, PLTP Ijen 2x55 MW, PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW, PLTP Iyang Argopuro 55 MW, PLTGU Grati 350 MW, PLTGU Grati 150 MW, PLTGU Jawa-1 800 MW, PLTA Kalikonto 2 62 MW, PLTA Karangates ext 100 MW, PLTA Grindulu-

ps-3 1000 MW, dan PLTA K.Konto-PS 1000 MW ((PT PLN (Persero), 2013)). Tetapi kapasitas pembangkit baru tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan listrik seluruh area, sehingga diperlukan tambahan perencanaan kapasitas pembangkit. Kapasitas pembangkit tambahan ini disusun berdasarkan jumlah kekurangan persediaan listrik dan mengacu pada desain kapasitas yang sudah ada. Usulan kapasitas pembangkit tambahan tersebut yaitu sebagai berikut: PLTU Jawa-2 2x900 MW, PLTGU Jawa-3 550 MW, dan PLTGU Jawa-4 350 MW Desain kapasitas yang baru ini mampu memenuhi kebutuhan listrik hingga tahun 2027.

6. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur, masing-masing pembangkit harus meningkatkan hasil produksinya untuk tahun 2012 ke atas. Pada produksi PLTA pertumbuhan produksi meningkat sebanyak 0.064, produksi PLTU meningkat sebanyak 0.004, produksi PLTGU meningkat sebanyak 0.003, dan produksi PLTG meningkat sebanyak 0.14.
7. Penggunaan pembangkit listrik dengan sangat optimal, sangat jarang terjadi. selama 12 tahun (2001 – 2012) rata-rata pengoptimalan pembangkit listrik adalah 75% hingga 85%. Berdasarkan proyeksi yang telah dilakukan, pengoptimalan pembangkit bernilai hampir 100% itu akan terjadi pada tahun 2018, 2019, dan 2020.

6.2 Saran

Dari pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki lagi. Oleh karena itu, untuk pengembangan yang lebih baik lagi berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Konsep dan model dari analisis kebutuhan listrik Jawa Timur ini dapat diimplementasikan di provinsi lain dengan

melakukan penyesuaian terhadap objeknya. Karena secara umum, kebutuhan listrik itu dipengaruhi oleh jumlah pelanggan, daya tersambung, dan jam nyala atau waktu konsumsi listrik.

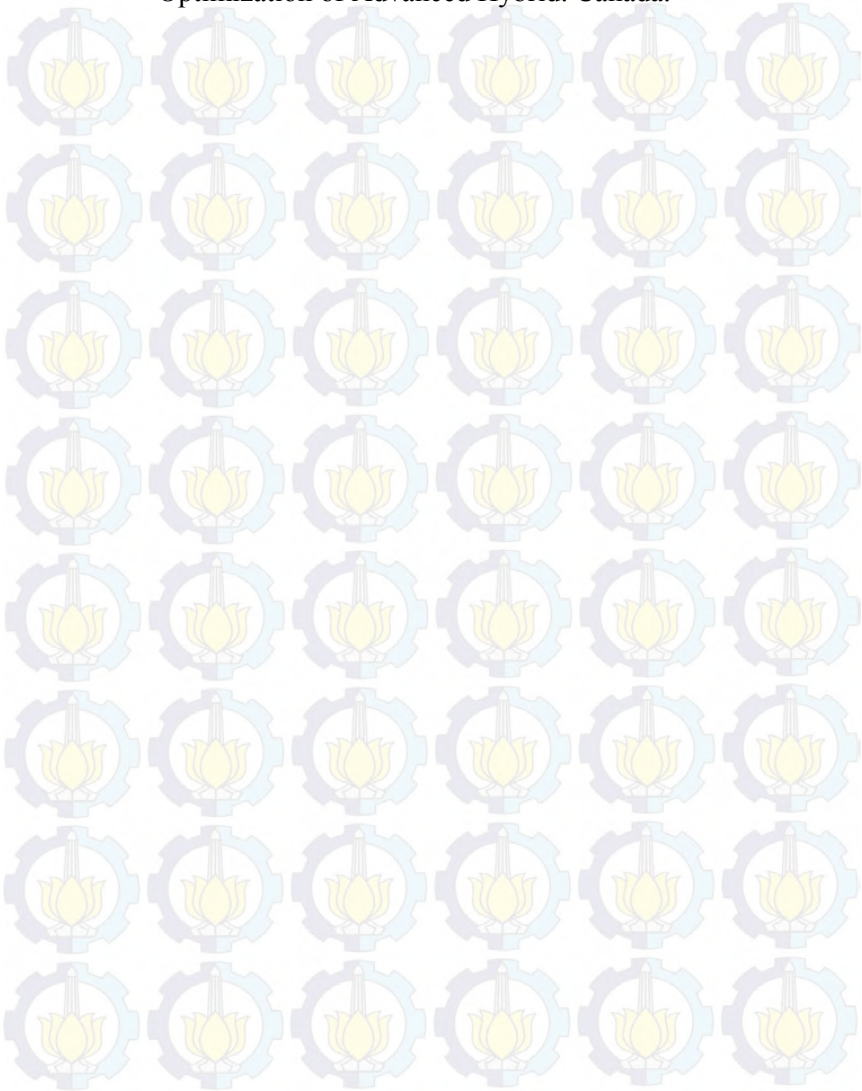
2. Penambahan kapasitas pembangkit dapat dilakukan dengan mempertimbangkan untuk menggunakan energi terbarukan yang belum dimanfaatkan dengan baik untuk saat ini. Contoh panas bumi dan tenaga air. Karena apabila secara terus menerus dan berlebihan menggunakan batubara sebagai bahan pokok dalam produksi listrik, hal tersebut dapat merusak lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

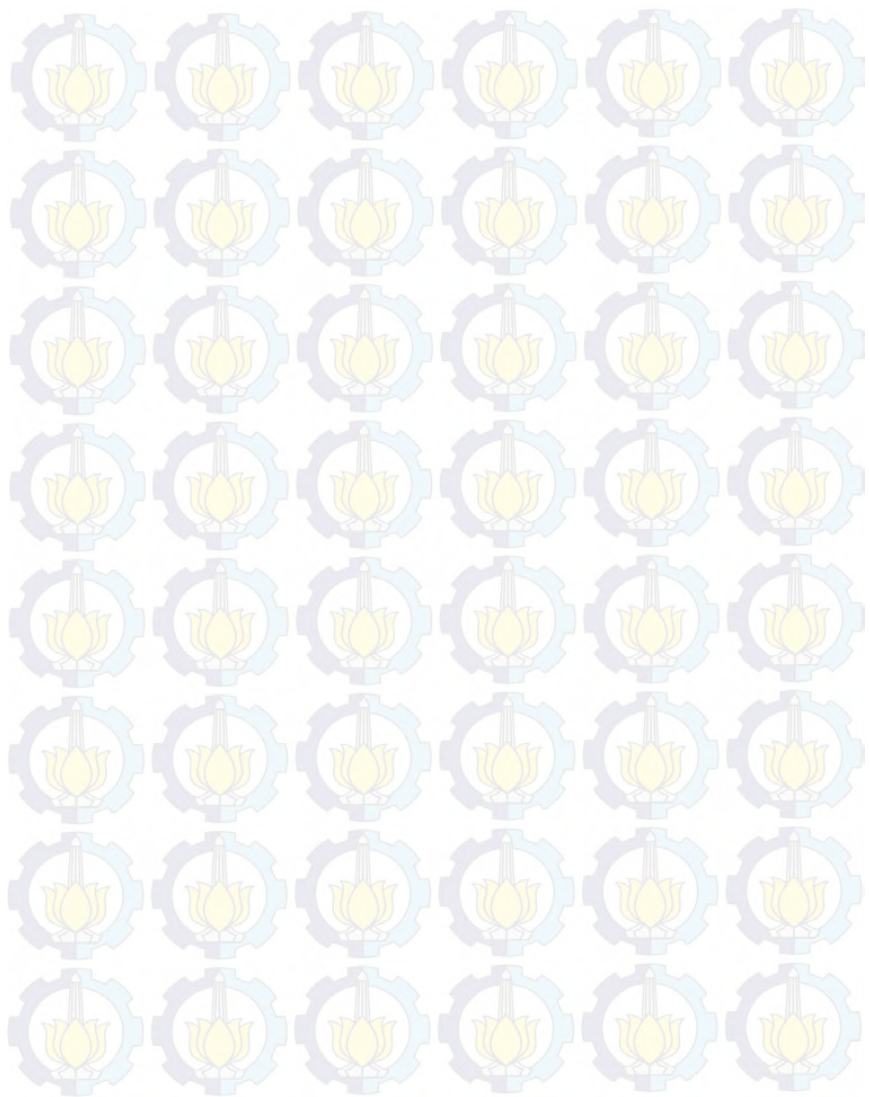
- Anderson, E. G., & Black, L. J. (2007). Accumulations of Legitimacy: Exploring. *25th International Conference of the System Dynamics Society*, (pp. 60-61). Boston, Massachusetts.
- Ansori, A. I. (2013, September 19). *Pembangkit Tenaga Listrik*. Retrieved from Dunia Elektro: All about Electrical Engineering:
<http://insyaansori.blogspot.com/2013/09/pembangkit-tenaga-listrik.html>
- Axela, O., & Suryani, E. (2012). *Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri (Studi Kasus: Jawa Timur)*. Surabaya: JURNAL TEKNIK ITS.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur. (2013). *Statistik Daerah Provinsi Jawa Timur*. Retrieved from http://jatim.bps.go.id/index.php?hal=publikasi_detil&id=2
- D.Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw Hill/Irwin.
- DPRD Provinsi Jawa Timur. (2011, January 10). *Dampak Pembangunan perumahan, Jatim Terancam Kehilangan Lahan Pertanian*. Retrieved from dprb.jatimprov.go.id:
<http://dprd.jatimprov.go.id/berita/id/1512/-dampak-pembangunan-perumahan-jatim-terancam-kehilangan-lahan-pertanian>
- Ford, A. (1997). *System Dynamics and the Electric Power Industry*. Retrieved from <http://public.wsu.edu/~forda/SDRSpring97.pdf>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introduction to Operations Research, 9/e*. McGraw-Hill Companies.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modelling and Analysis*. McGraw-Hill.

- Lawrence, K. D., Klimberg, R. K., & Lawrence, S. M. (2009). *Fundamentals of Forecasting Using Excel*. New York: Industrial Press Inc.
- Maria, A. (1997). *Introduction to Modeling And Simulation*. New York, United States of America.
- PLN, P. (2013). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2013 - 2022*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). (2009 - 2013). *Statistik PLN*. Jakarta: Sekretariat PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). (2012). *Statistik PLN*. Jakarta: Sekretariat PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). (2013). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) Tahun 2013 - 2022*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). (2013). *Statistik PLN*. Jakarta: Sekretariat PT PLN (Persero).
- PT. PLN (Persero). (2013). *Statistik 2013*. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero).
- Sherwood, D. (2002). *Seeing the Forest for the Trees: A Manager's Guide to Applying Systems Thinking*. Boston, London: Nicholas Brealey. Retrieved Maret 2013, from http://www.joiningdots.net/Library/Systems/causal_loops.html
- Sorasalmi, T. (2012). *Dynamic Modeling of Household Electricity*. Espoo: Aalto University, School of Electrical Engineering, Department of Automation and Systems Technology.
- Sorasalmi, T. (2012, August 13). *Master's Thesis: Dynamic Modeling of Household Electricity*. Retrieved from <http://lib.tkk.fi/http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100659.pdf>
- Statistik, B. P. (2010). *Provinsi Jawa Timur*. Retrieved from <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site?id=35&wilayah=jawa-timur>
- Taylor, B. W. (2004). *Introduction to Management Science*. New Jersey: Prentice Hall.

Wishart, J. D. (2008). Modelling, Simulation, Testing, and Optimization of Advanced Hybrid. Canada.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN A DATA INPUTAN

A.1 Surabaya

Tabel A.1-1 Pelanggan Rumah Tangga Golongan tarif R-1 Surabaya

Tahun	R - 1 TR. 450 VA	R - 1 TR. 900 VA	R - 1 TR. 1.300	R - 1 TR. 2.200 VA	Rate 450	rate 900	rate 1300	rate 2200
2001	198092	206264	108904	60175	-0.038	0.053	0.053	0.046
2002	190473	217120	114636	62950	-0.048	0.075	0.031	0.042
2003	181403	233462	118181	65591	-0.024	0.067	0.041	0.027
2004	177137	249003	122968	67368	-0.061	0.068	0.035	0.047
2005	166397	265939	127235	70539	-0.031	0.026	0.051	0.036
2006	161175	272912	133784	73046	-0.043	0.033	0.063	0.039
2007	154248	281913	142270	75859	-0.041	0.042	0.056	0.039

A-2

Tahun	R - 1 TR. 450 VA	R - 1 TR. 900 VA	R - 1 TR. 1.300	R - 1 TR. 2.200 VA	Rate 450	rate 900	rate 1300	rate 2200
2008	147890	293631	150189	78847	-0.037	0.025	0.048	0.037
2009	142488	300892	157393	81750	-0.036	0.052	0.056	0.050
2010	137357	316491	166169	85870	-0.056	0.040	0.081	0.075
2011	129655	329110	179698	92287	-0.022	0.064	0.052	0.051
2012	126840	350075	189093	97004				
average rate					-0.040	0.049	0.052	0.044

Tabel A.1 – 2 Pelanggan Rumah Tangga Golongan tarif R-2 dan R-3 Surabaya

Tahun	R - 2 TR. 3500 - 5500 VA	R - 3 TR. diatas 6.600 VA	rate R-2	rate R-3
2001	27840	4824	0.0526	0.030928
2002	29306	4974	0.0527	0.069562

Tahun	R - 2 TR. 3500 - 5500 VA	R - 3 TR. diatas 6.600 VA	rate R-2	rate R-3
2003	30851	5320	0.0688	0.084398
2004	32976	5769	0.0723	0.106604
2005	35362	6384	0.0619	0.096805
2006	37551	7002	0.0707	0.124821
2007	40205	7876	0.0553	0.062468
2008	42429	8368	0.0541	0.056525
2009	44725	8841	-0.0433	0.533763
2010	42787	13560	0.0599	0.026401
2011	45351	13918	0.0762	0.043684
2012	48810	14526		
Average rate			0.0528	0.098

Tabel A.1 – 3 Jam Nyala Rumah Tangga Golongan tarif R-1 Surabaya

Tahun	R - 1 TR. 450 VA	R - 1 TR. 900 VA	R - 1 TR. 1.300	R - 1 TR. 2.200 VA	Rate 450	rate 900	rate 1300	rate 2200
2001	2140	1563	1283	1476	-0.072	0.000	-0.005	0.006
2002	1986	1563	1277	1485	0.110	-0.021	0.016	-0.011
2003	2204	1530	1297	1469	0.170	0.126	0.170	0.163
2004	2579	1722	1518	1709	0.016	-0.008	0.069	0.001
2005	2619	1709	1622	1711	0.007	0.053	-0.018	-0.014
2006	2637	1800	1593	1687	0.055	0.054	0.086	0.080
2007	2782	1897	1729	1822	0.009	0.006	0.008	-0.014
2008	2807	1909	1743	1796	0.038	0.050	0.056	0.048
2009	2913	2005	1841	1882	0.020	0.002	0.035	0.026
2010	2972	2009	1906	1930	0.017	0.016	-0.024	-0.038
2011	3023	2042	1861	1857	0.001	0.013	0.055	0.041

Tahun	R - 1 TR. 450 VA	R - 1 TR. 900 VA	R - 1 TR. 1.300	R - 1 TR. 2.200 VA	Rate 450	rate 900	rate 1300	rate 2200
2012	3027	2069	1963	1934				
average rate					0.034	0.027	0.041	0.026

Tabel A.1 – 4 Jam Nyala Rumah Tangga Golongan tarif R-2 dan R-3 Surabaya

Tahun	R - 2 TR. 3500 - 5500 VA	R - 3 TR. diatas 6.600 VA	rate R-2	rate R-3
2001	1667	1564	0.000	-0.010
2002	1667	1548	-0.101	-0.087
2003	1498	1414	0.130	0.120
2004	1692	1584	0.019	0.009
2005	1724	1598	-0.028	-0.031
2006	1675	1548	0.059	0.041
2007	1774	1611	-0.018	-0.008

Tahun	R - 2 TR. 3500 - 5500 VA	R - 3 TR. diatas 6.600 VA	rate R-2	rate R-3
2008	1742	1598	0.029	0.004
2009	1793	1604	0.110	-0.287
2010	1991	1144	-0.106	0.222
2011	1780	1398	0.009	0.039
2012	1796	1453		
Average rate			0.009	-0.0029

Tabel A.1 – 5 Jumlah Rumah Tangga dan Kebutuhan Listrik non Rumah Tangga di Surabaya

Tahun	Jumlah Rumah Tangga	Kebutuhan Listrik non Rumah Tangga (MWh)	rate jumlah rumah tangga	rate kebutuhan listrik non rumah tangga
2001	787680	3560265.73	0.015	0.0517

LAMPIRAN B DATA VALIDASI

B.1 Surabaya

Tabel B.1-1 Validasi Surabaya golongan tarif R-1 TR 450 VA

Time (Year)	Simulasi pelanggan 450 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 450 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 450 RT SBY	Data
2001	198092	198092	2127.09	2140	189612	190803.78
2002	190763	190473	2189.69	1986	187970	170208.54
2003	183704	181403	2012.85	2204	166396	179955.90
2004	176907	177137	2694.02	2579	214466	205576.29
2005	170362	166397	2738.62	2619	209950	196118.09
2006	164058	161175	2728.98	2637	201470	191278.30
2007	157988	154248	2649.07	2782	188335	193094.05

B-2

Time (Year)	Simulasi pelanggan 450 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 450 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 450 RT SBY	Data
2008	152143	147890	2949.65	2807	201946	186787.81
2009	146513	142488	2937.24	2913	193655	186764.53
2010	141092	137357	3014.27	2972	191381	183707.62
2011	135872	129655	2936.12	3023	179522	176356.40
2012	130845	126840	3022.78	3027	177982	172765.43
average	162362	159430	2667	2641	191890	186118
Mean comparison	1.839%		0.9823%		3.1014%	
standar deviasi	21093.77679	23720.532	345.179108	356.7547	13107.4115	10212.36335
Error variance	11%		3%		28%	

Tabel B.1-2 Validasi Surabaya golongan tarif R-1 TR 900 VA

Time (Year)	Simulasi pelanggan 900 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 900 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 900 RT SBY	Data
2001	206264	206264	1547.98	1562.967	287364	290145.0264
2002	216371	217120	1542.47	1562.967	300370	305415.8173
2003	226973	233462	1534.21	1530.063	313402	321490.334
2004	238095	249003	1907.96	1722.266	408848	385964.364
2005	249761	265939	1725.19	1708.681	387797	408964.363
2006	262000	272912	1880.03	1799.653	443311	442032.281
2007	274838	281913	1788.72	1897.192	442448	481358.762
2008	288305	293631	1901.97	1909.460	493512	504609.054
2009	302432	300892	2044.62	2005.136	556522	542996.384

B-4

Time (Year)	Simulasi pelanggan 900 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 900 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 900 RT SBY	Data
2010	317251	316491	2040.59	2009.161	582642	572293.3527
2011	332796	329110	2041.99	2041.943	611610	604821.587
2012	349103	350075	2028.38	2069.273	637301	651960.5811
average	272016	276401	1832	1818	455427	459338
Mean comparison	1.5865%		0.7578%		0.8513%	
standar deviasi	44792.15924	44609.34	193.822505	198.6158	117204.672	120642.9418
Error variance	0.410%		2.413%		2.850%	

Tabel B.1-3 Validasi Surabaya golongan tarif R-1 TR 1300 VA

Time (Year)	Simulasi pelanggan 1300 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 1300 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 1300 RT SBY	Data
2001	108904	108904	1283.27	1283.482	181679	181708.8933
2002	114567	114636	1280.64	1276.762	190735	190271.0924
2003	120524	118181	1291.79	1296.816	202400	199236.746
2004	126792	122968	1654	1517.886	272628	242646.852
2005	133385	127235	1639.46	1622.169	284283	268315.755
2006	140321	133784	1663.43	1592.859	303439	277028.752
2007	147618	142270	1724.49	1729.424	330936	319858.738
2008	155294	150189	1729.18	1742.661	349089	340247.087
2009	163369	157393	1875.55	1840.850	398329	376657.905
2010	171864	166169	1888.98	1905.641	422042	411655.9416
2011	180801	179698	1935.76	1860.571	454983	434643.1099
2012	190203	189093	1894.62	1963.047	468471	482557.8769

B-6

Time (Year)	Simulasi pelanggan 1300 RT SBY	Data	Simulasi jam nyala 1300 RT SBY	Data	Simulasi kebutuhan listrik 1300 RT SBY	Data
average	146137	142543	1655	1636	321585	310402
Mean comparison	2.5210%		1.1665%		3.6025%	
standar deviasi	25491.7061	26255.4	234.614568	247.9984	96269.4417	100689.764
Error variance	2.909%		5.397%		4.390%	

LAMPIRAN C DATA HASIL SKENARIOSASI

C.1 Pelanggan Rumah Tangga di Jawa Timur

Tabel C.1 Hasil skenariosasi Pelanggan Rumah Tangga

Time (Year)	skenario parameter 1	skenario parameter 2	skenario parameter 3
2001	5341400	5341400	5341400
2002	5481470	5481470	5481470
2003	5632620	5632620	5632620
2004	5795740	5795740	5795740
2005	5971850	5971850	5971850
2006	6162020	6162020	6162020
2007	6367430	6367430	6367430
2008	6589400	6589400	6589400
2009	6829340	6829340	6829340
2010	7088820	7088820	7088820
2011	7369520	7369520	7369520
2012	7673340	7673340	7673340
2013	8002300	8002300	8002300
2014	7440600	8373130	8360120
2015	7369060	8778470	8748030
2016	7496520	9222640	9168750
2017	7721290	9710850	9625270
2018	8006000	10249500	10120900
2019	8336470	10846600	10659200
2020	8707610	11512400	11244200

Time (Year)	skenario parameter 1	skenario parameter 2	skenario parameter 3
2021	9118220	12260000	11880100
2022	9569050	13107100	12571900
2023	10061900	14077000	13324700
2024	10599400	15201900	14144400
2025	11184600	16526200	15037200
2026	11821200	18112200	16010200
2027	12513200	20047900	17071200

C.2 Kebutuhan Listrik di Jawa Timur

Tabel C.2 Hasil Skenariosasi Kebutuhan Listrik Jawa Timur

Time (Year)	skenario parameter 1	skenario parameter 2	skenario parameter 3
2001	13058200	13058200	13058200
2002	13719700	13719700	13719700
2003	14519700	14519700	14519700
2004	16131300	16131300	16131300
2005	17132900	17132900	17132900
2006	18224500	18224500	18224500
2007	19335300	19335300	19335300
2008	20627700	20627700	20627700
2009	22213000	22213000	22213000
2010	23700200	23700200	23700200
2011	25175700	25175700	25175700
2012	26787200	26787200	26787200
2013	27560500	27560500	27560500

Time (Year)	skenario parameter 1	skenario parameter 2	skenario parameter 3
2014	28660000	29577700	29538900
2015	30253700	31618200	31528400
2016	31892800	33768300	33597100
2017	34005900	36321800	36046900
2018	36356500	39175600	38754200
2019	38471600	41760900	41149000
2020	41348100	45310100	44414000
2021	43949000	48776400	47475400
2022	46963400	52589900	50775800
2023	50963400	57927500	55353100
2024	54402000	63009000	59200300
2025	58529900	69343100	64017400
2026	63124100	76897700	69177400
2027	67575900	85400600	74249600

C.3 Produksi Listrik (MWh) di Jawa Timur

Tabel C.3 Hasil skenariosasi produksi listrik di Jawa Timur

Time (Year)	skenario parameter	skenario struktur
2001	27178100	27178100
2002	25919700	25919700
2003	27872000	27872000
2004	28802200	28802200
2005	27160200	27160200
2006	27503800	27503800
2007	28762700	28762700
2008	29503200	29503200

Time (Year)	skenario parameter	skenario struktur
2009	31146100	31146100
2010	29387800	29387800
2011	28665700	28665700
2012	27286600	27286600
2013	29860900	35551400
2014	29270600	36775100
2015	30943500	38133800
2016	27798700	39645000
2017	27876100	41328200
2018	29985500	43205700
2019	29312700	45302800
2020	27123600	47648100
2021	26628900	50274200
2022	30329900	53218100
2023	30071400	56521700
2024	28466900	60233000
2025	30776900	64406000
2026	28557300	69102500
2027	28645700	74392600

C.4 Rasio Sisa Kapasitas Pembangkit (%)

Tabel C.4 Hasil skenariosasi Rasio sisa kapasitas Pembangkit

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2001	63.02	63.02	63.02	63.02

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2002	61.15	61.15	61.15	61.15
2003	58.89	58.89	58.89	58.89
2004	54.32	54.32	54.32	54.32
2005	51.49	51.49	51.49	51.49
2006	48.39	48.39	48.39	48.39
2007	45.25	45.25	45.25	45.25
2008	41.59	41.59	41.59	41.59
2009	37.10	37.10	37.10	37.10
2010	32.89	32.89	32.89	32.89
2011	28.71	28.71	28.71	28.71
2012	24.15	24.15	24.15	24.15
2013	21.96	21.96	21.96	40.51
2014	18.84	16.25	16.36	36.24
2015	14.33	10.47	10.72	31.94
2016	9.69	4.38	4.86	27.48
2017	3.71	-2.85	-2.07	22.19
2018	-2.95	-10.93	-9.74	16.35
2019	-8.94	-18.25	-16.52	11.18
2020	-17.08	-28.30	-25.77	8.87
2021	-24.45	-38.12	-34.43	29.32
2022	-32.98	-48.92	-43.78	24.40
2023	-44.31	-64.03	-56.74	17.59
2024	-54.05	-78.42	-67.63	11.86
2025	-65.74	-96.36	-81.28	4.69
2026	-78.75	-117.75	-95.89	8.89

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2027	-91.35	-141.83	-110.25	2.21

C.5 Rasio Pengoptimalan Pembangkit (%)

Tabel C.5 Hasil skenariosasi rasio pengoptimalan pembangkit

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2001	76.96	76.96	76.96	76.96
2002	73.40	73.40	73.40	73.40
2003	78.92	78.92	78.92	78.92
2004	81.56	81.56	81.56	81.56
2005	76.91	76.91	76.91	76.91
2006	77.88	77.88	77.88	77.88
2007	81.45	81.45	81.45	81.45
2008	83.54	83.54	83.54	83.54
2009	88.19	88.19	88.19	88.19
2010	83.22	83.22	83.22	83.22
2011	81.17	81.17	81.17	81.17
2012	77.27	77.27	77.27	77.27
2013	84.56	84.56	84.56	76.74
2014	82.88	82.88	82.88	79.38
2015	87.62	87.62	87.62	82.32
2016	78.72	78.72	78.72	85.58
2017	78.94	78.94	78.94	89.21

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2018	84.91	84.91	84.91	93.26
2019	83.00	83.00	83.00	97.79
2020	76.80	76.80	76.80	97.77
2021	75.40	75.40	75.40	74.85
2022	85.88	85.88	85.88	79.23
2023	85.15	85.15	85.15	84.15
2024	80.61	80.61	80.61	89.68
2025	87.15	87.15	87.15	95.89
2026	80.86	80.86	80.86	91.01
2027	81.11	81.11	81.11	97.98

C.6 Rasio Pemenuhan Kebutuhan Listrik (%)

Tabel C.6 Hasil Skenariosasi Rasio Pemenuhan Kebutuhan Listrik (%)

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2001	208	208	208	208
2002	189	189	189	189
2003	192	192	192	192
2004	179	179	179	179
2005	159	159	159	159
2006	151	151	151	151
2007	149	149	149	149
2008	143	143	143	143

Time (Year)	Skenario parameter 1	Skenario parameter 2	Skenario parameter 3	Skenario Struktur
2009	140	140	140	140
2010	124	124	124	124
2011	114	114	114	114
2012	102	102	102	102
2013	108	108	108	129
2014	102	99	99	124
2015	102	98	98	121
2016	87	82	83	118
2017	82	77	77	115
2018	82	77	77	111
2019	76	70	71	110
2020	66	60	61	107
2021	61	55	56	106
2022	65	58	60	105
2023	59	52	54	102
2024	52	45	48	102
2025	53	44	48	101
2026	45	37	41	100
2027	42	34	39	100

RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Singaraja, 9 September 1993, dengan nama lengkap Luh Made Wisnu Satyaninggrat. Penulis yang biasa dipanggil Wisnu, Nunu, atau Nunuk ini adalah anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dari TK hingga SMA di Bali yaitu di TK Lab IKIP Negeri Singaraja, SD Lab IKIP Negeri Singaraja, SMP Negeri 1 Singaraja, dan SMA Negeri 1 Singaraja.

Pada tahun 2011, penulis diterima di jurusan Sistem Informasi ITS melalui program SMNPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 5211100031. Ketika memasuki bangku perkuliahan, penulis ingin belajar berorganisasi yang belum pernah diikuti ketika pendidikan formal sebelumnya. Oleh karena itu, penulis mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan dan organisasi di ITS. Jabatan tertinggi yang pernah diperoleh yaitu selaku sekretaris Departemen Kominfo di Tim Pembina Kerohanian Hindu (TPKH) ITS pada tahun ajaran 2012/2013 dan selaku Kepala Biro Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi (HMSI) ITS pada tahun 2013/2014. Selama kuliah, penulis juga pernah menjadi *grader* mata kuliah Manajemen Layanan Teknologi Informasi (MLTI) dan *grader* mata kuliah Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (PSDP). Di jurusan Sistem Informasi, Penulis mengambil bidang minat *Decision Support System and Business Intelligence* (SPK-IB). Penulis dapat dihubungi melalui nuusani@gmail.com